مرافئ فلسفية 2

د. نورالدين النيفر

عقلانية علوم الطبيعة

الطبعة الأولى 1993



مؤسسة «أبو وجدان» للطبع والنشر والتوزيع

د . نورالدين النيفر

عقلانية علوم الطبيعة

طبعة أولى 3000 نسخة

***

مؤسسة «أبو وجدان» للطبع والنشر والتوزيع

تم الطبع في

مؤسسة « أبو وجدان » للطبع والنشر والتوزيع

***

هاتف الادارة بتونس : 34.90.88. (01)

هاتف المطبعة بمنزل تميم : 98.631 (02)

المقر الاجتماعي : 12 مكرر نهج الخلوه

عن طريق نهج أبي القاسم الشابي - منفلوري - تونس

المراسلات : ص. ب. : 135 تونس 1015.

الحساب الجاري بالبريد : 637.10 تونس

الايداع القانوني عدد : 061 الثلاثية 1 - 1993

***

الأخــــلاء 161 - س 15 - مارس 1993

المدير رئيس التحرير : الصادق شرف

الإهداء

إلى حمّادي جاب الله

الأستـاذ ..

والصديـق ..

مرافئ فلسفية

تحت إشراف الدكتور : نور الدين النيفر
رئيس قسم الفلسفة بجامعة القيروان - تونس
توالي الأخلاء مؤسسة «أبو وجدان» للطبع والنشر والتوزيع
إصدار حلقات جديدة من الدراسات الأكاديمية في سلسلة
مفاتيح الفلسفة مدرجة تحت « فضاءات لمرافئ فلسفية »

****

الأخلاء في خدمة كتاب «البكلوريا»
مدة 16 سنة بكل إصرار .. وتواصل .. وخبرة ...

***

* مرحبا بكم .. لنشر مؤلفاتكم الفلسفية
اتصلوا برئيس لجنة القراءات الدكتور نور الدين النيفر

تمهيد عام .

تستمد الثورة العلمية والتكنولوجية أساسها من بداية تحديث العقل في القرن السادس عشر . ويمكن بصفة مختصرة - وتخطيطية - بيان وجود ثلاثة مجالات للعلم :

1) علوم الرّمز . وهي التي تضم الرّياضيات والمنطق وعلوم اللّغة

2) علوم الطبيعة(الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا) .

3) علوم التاريخ والمجتمع . والتي يمتد مجالها الى اللاوعي والإقتصاد والمؤسسات حاضرها وماضيها .

وتدين هذه المجالات في تكوّنها الى العقلانية الحديثة ولكن ما هي العقلانية ؟

يمكن أن نعرف العقل وفق تحديدات هي دعائم العقلانية . أولا «العقل مرادف للحساب » Ratio Sive Calculus وهو المفهوم الهوبزي (نسبة الى توماس هوبز) والقاليلي. .ثانيا العقل كمرادف للسبب Ratio Sive Causa وهو المفهوم السبينوزي . ثالثا العقل كغائية وكاقتصاد في الفكر لبلوغ الغايات بأيسر الطرق وهو المفهوم اللايبنتزي والفيبري .

هذه التحديدات للعقل تتفق حول الطبيعة المنطقية والصوريةلعمله وفي ذات الوقت تبرز قدرته على تمثل ما هو قائم وحساب المجهول من المعلوم الخ . فالعقلانية هي مجمل العمليات والقيم المنطقية لتمثل الوجود كمفهوم أو كعلاقات وتحولات . ولكن ما هو ضمني في كل هذه التعريفات هو الإعتقاد بأن العقل الوسيلة الأكثر شرعية وكفاءة لإنتاج المعرفة ،فهو شرط إمكان حصول المعرفة وتخزينها وتلقينها وتطويرها ونموها .

العقلانية إذن منهج وقيم وموقف . إنها منهج يتخذ من مكتسبات المنطق الاستقرائي والمنطق الاستنباطي (اليقيني أو الاحتمالي) أرضية تجريبية يضيف إليها التقنيات وكل أساليب البحث . والعقلانية قيمة لأنها مرجع في حسم الجدل وفي التنظيم وفي التأطير وفي الحوار وفي السيطرة على الطبيعة والمجتمع .

و العقلانية وسيلة - وهذا ما بينته مدرسة فرنكفورت - قد تفقد معناها ودلالتها إذا ما فصلت عن الإنسان . وفي الواقع فإن كل بحث في تحديد ماهية العقلانية إنما يرتد الى التاريخ : أفلاطون والعقل الإغريقي ، قاليلاي وعقل الحداثة ، كانط وعقل النقد الخ . لكن العودة الى التاريخ يبررها دوما البحث عن أساس لتكوّن نمط تحليلنا للخطاب العلمي وفهمه ونقده . ماهي الأسس والمناهج التي تبلورت في العقلانية لتصل الى ما هي عليه الآن ؟

يمكن أن نحدد العقلانية العلمية - من جهة أسسها - بعلامات

بارزة هي على التوالي.

1- الثورة الكسمولوجية التي قامت على أيدي كوبرنيك وجوردانو برونو ويحنا كبلر وقاليلي ثم دعم هذه الثورة من قبل نيوتن .

2- الثورة المنهجية في قراءة الطبيعة واستفسارها بإعتماد الرّياضيات والتخلي عن التأويل . وإحلال التجربة محل التأمل ، والاستقراء محل القياس .

3- الثورة المنطقية التي أحلت منطق الاستقراء والاستنباط العقلي والاستدلال والبرهنة محل القياس .

4- الثورة الأنثروبولوجية التي حوّلت الإنسان من متقبل لكتاب الطبيعة الى قارئ لعلاقات الطبيعة ومن متأمل الى فاعل ، ومن مركز سلبي الى مشارك فعّال في نظام الطبيعة ومنتج للمعرفة .

ويسعى هذا المؤلف الى رصد أهم التحولات المفهومية في الفيزياء الكلاسيكية وأبعادها التي إنعكست على الفكر وعلى صورة الطبيعة ومكانة الإنسان . وليس هدفنا تقديم تاريخ للعلم بقدر ما هو تقديم لفكر العلم وهو أمر بات متأكدا مع مستحدثات عصرنا ومع ما نرمي إليه من تعليم يستمد قيمه من الحداثة العلمية والعقلانية والقيم الإنسانية .

و كذلك بات من المؤكد أن أكبر رهان اليوم هو الإمساك بناصية العلوم وسيلة للرّقي ونمطا للحياة وقيمة في التعامل . ولعلنا لا نجازف القول إذا ما أكدنا أن القرن الواحد والعشرين هو قرن العلوم التي

عقلانية علوم الطبيعة .

ستغزو كل حياتنا ، وحتى لا تغزوها بوحشية علينا أن نستوعبها مضموننا معرفيا وقيما فكرية وهو أمر يستلزم العودة الى الأصل في العلم الحديث وهو الثورة العلمية الأولى .

عقلانية علم جديد : الفيزياء الجاليلية.

اثار علم الميكانيكافي فجر القرن السابع عشر بحوثا سوف تساعد على تكوين عقلانية الفيزياء خلال القرنين اللاحقين كعلم حق ،اي دخول ما يسميه كانط « طريق العلم اليقين » . وبناء نمط عقلاني لتمثل الظواهرخاصة ، ونموذج سوف يستخدم لسلاسل اخرى من الظواهر .

هذا العلم الجديد رأي النور مع غاليليه وتضمن بصورة اساسية ، قوانين سقوط الاجسام ، وحل مسألة حركة القذيفة في حال انعدام المقاومة في الوسط التي شغلت الفيزيائيين العرب والوسيطيين في الغرب . والمسألة وحلولها كانت اساسية لاكتشاف منهجية علمية حقا ، ولكن ، عند البحث عن لغة جديدة مناسبة ، كان العلم الجديد ما يزال ضعيفا وفي حاجة لتوضيح قواعده الأولى ومفاهيمه ومبادئه ، ثم تفسير قوانينه العامة . وتطبيقها على أنظمة النقط وعلى الأجسام الجامدة ، ثم توسيعها لتشمل حركة الاجرام السماوية وتوسيع نطاقها من أجل خلق ميكانيكا في الاوساط الهيدروديناميكة . تلك كانت مهمة القرن 17 والقرن 18

ما العقلانية في علوم الطبيعة ؟

يسترشد العلم بنموذج علمي لخطابه وبحثه وتصوره للعالم يسمى عقلانية Rationalité وبنموذج علمي للبحث هو العقلانية العلمية التي تحدد معيار النشاط المشروع داخل الميدان العلمي الذي تحكمه . انها تقوم بتنسيق وتوجيه اعمال المشتغلين بالعلم وتعمل على « حل الالغاز » داخل المجال العلمي الخاص بها . فالميكانيكا النيوتنية ، والبصريات التموجية ، والكهرطيسية الكلاسيكية ، شكلت كلها ، وربما لا تزال تشكل ، نماذج عقلانية .
Modéle de Rationalité

و ان من طبيعة كل عقلانية علمية - سواء في علوم الطبيعة اوعلوم الإنسان - ان تقاوم محاولة اخضاعها لتعريف محدد . ومع ذلك ، فانه من الممكن ان نصف بعض المكونات النوعية التي تسهم في تركيب عقلانية ما . ونجد من بين هذه المكونات ، القوانين والفرضيات والنظرية الصريحة والضمنية . ومن ثم فقوانين الحركة عند نيوتن تشكل جزءا من العقلانية النيوتنية وتشكل معادلات ماكسويل جزءا من العقلانية المكونة للنظرية الكهرطسية الكلاسيكية . وتشتمل العقلانية ايضا على وسائل تقنية ورياضية ومنطقية من نمط موحد . لتطبيق القوانين الاساسية ، على عدد كبير من الاوضاع المتنوعة فالعقلانية النيوتونية ، مثلا ، تتضمن مناهج لتطبيق قوانين نيوتن على حركات الكواكب ، وعلى النواسات Pendules و على اصطدام كرات البيار ،

الخ .

كما ان ادوات التجريب وتقنياته اللازمة لتطبيق قوانين العقلانية على العالم الواقعي تشكل كذلك ، جز ء من العقلانية. فتطبيق النموذج النيوتني في علم الفلك ، يدخل فيه استعمال بعض انواع التلسكوبات والتقنيات التي تمكن من تشغيلها وتقنيات اخرى متنوعة لتصحيح المعطيات التي يتم تحصيلها بهذه الوسيلة .

و تتركب العقلانية كذلك من بعض المبادىء الميتافيزيقية العامة ، جدا ، والتي توجه العمل العلمي داخل نموذج علمي ما. فلقد ظلت العقلانية النيوتنية طوال القرن التاسع عشر ، محكومة بفرضية أنه « ينبغي ان يتم وصف العالم الفيزيائي في كليته من حيث هو نسق او منظومة ميكانيكية ، تتحرك بفعل تاثير مختلف القوى التي تستجيب لمستلزمات وقوانين الحركة وقوة الجاذبية ». وكانت العقلانية الديكارتية في القرن السابع عشر تتضمن مبدأ الآلية الذي مهد لهذا التأكيد . رغم تناقضه مع ديكارت الذي طالما ردد أنه « لا يوجد خلاء وان العالم الفيزيائي ، عبارة عن ساعة كبيرة مركبة من دواليب مسننة . تتخذ جميع القوى ، داخلها ، شكل حركة في الامتداد ولها شكل هندسي » واخيرا تشتمل جميع المعقوليات على عمليات منهجية عامة كمطابقة للطبيعة اواعتماد الرياضيات الكونية Mathésis

universalis والمنهج الهندسي او التجريبي .

و من الامثلة على اعتماد الادوات الرياضية في العقلانية النيوتنية اختراع تقنية رياضية هي منهج التدفقات تتيح معالجة حركة كوكب خاضع لقوى جاذبيات متعددة ، ويتيح تطوير فرضيات من اجل جعل قوانين الحركة عند نيوتن قابلة لأن تطبق على ديناميكا السؤال وهي حساب اللانهائي وتحسين دقة الملاحظات التي تتم بوسطة التلسكوبات ، وتطوير تقنيات تجريبية قادرة على توفير قياسات موثوقة ، لثابت الجاذبية .

و من كبلر الى نيوتن مرورا بهويجنز وبيكار Picard ، تبلورت المعقولية الدينامية للعلم الحديث وهي من عمل نيوتن ، ومن الناحية النظرية يجب ان لا ننسي العمل المزدوج على الصعيد التقني الذي قام به رصاد مشهورون او مغمورون : فمن الممجد كاسيني Cassini ، الى المغمور غولتيه دي لفاليت Gaultier de la Valette ، هناك عمل جماعي قامت به مجموعة من الراصدين .لقد ارتدى العلم الاعرق حيوية جديدة . ويكفي اسم غاليليه لكي يذكر بان هذا العلم ظل اكبر محرر للعقل البشري . من القرون الوسطى ومن محدوديات وسذاجات المرحلة ما قبل العلمية فاتحا مجال عقلانية علوم الطبيعة الى جانب مجال علوم الرمز والرياضيات والمنطق الذي دشنه الاغريق .

العقلانية وعلاقة الفلسفة بالعلم.

مع العقلانية المعاصرة ، يطرح مشكل علاقة العلم بالفلسفة بحدة والحاح .إذ سيشهد الخطاب الفيزيائي تحوّلا في طبيعته وممارسته . ويصبح العلم مؤسسة يضبطها منطقها الداخلي . وسيقع إحلال منطق الرياضيات التجريبية محل الجدل الرّياضي أو الفلسفي . وليس أوضح علي ذلك التخلي عن تعريف العلم الأرسطي . والعودة الى نوع من الأفلاطونية لكن دون الاحتفاظ بالمذهب . فما هو العلم ؟ يمكن أن نقدم إجابتين : الأولى لأفلاطون والثانية لقاليلي والثورة العلمية .

يقول افلاطون على لسان سقراط مناقشا تيتياوس ومتهكما عليه :

« اتقول ان العلم هو الاحساس ؟ يبدو لي ان رأيك هذا حول العلم ليس رأيا يستهان به ، فبروتاغوراس هو الآخر يردده ، انه يعطي للعلم نفس التعريف الذي تعطيه انت لكنه يستعمل عبارات مغايرة اليس هو القائل : الانسان مقياس كل الاشياء . الموجودة منها هو معيار وجودها ، وغير الموجودة هو معيار لاوجودها ، فلا بد انك قرأت له شيئا من هذا القبيل ؟ الا يريد اذن ان يقول شيئا بهذا المعنى : هو أن وجود الأشياء وحقيقتها متعلقان بالكيفية التي تظهر بها هذه الاشياء ؟ الست انسانا ، والست انا انسانا ؟ بالطبع انه حكيم ، والحكيم لا ينطق عن الهوى ولا يطلق الكلام

جزافا ، فلنتتبع تفكيره عن كثب ولنتساءل : الا يحدث احيانا عندما نكون جماعة من الناس وتهب ريح . ان يشعر احدنا بالبرد شعورا قويا فيرتجف ، بينما لا يشعر به شخص آخر معنا الا قليلا فلا يرتجف ؟ ما نقول اذن في هذه الحال عن تلك الريح ؟ اهي في حد ذاتها وبغض النظر عن شعور الافراد بها باردة ام غير باردة ؟ ام نساير بروتاغوراس في رأيه ونقول : انها باردة لمن يرتجف وغير باردة لمن لا يرتجف »[1] . إن تحديد ماهية العلم سيجد حلا كاملا مع الثورة الكوبرنيكية القاليلية وستتأسس مؤسسة العلم نهائيا .

و المحاورة كلها محاولة يسعى فيها ومن خلالها سقراط الى الحصول من محاورة على تحديد او تعريف صحيح للعلم والملاحظ ان تيتاوس انطلاقا من تأثره بالسوفسطائية ، يدلي خلال المحاورة بثلاثة تحديدات ينتقدها سقراط جميعا ، وهذه التحديدات هي :

١- ان العلم هو الاحساس .

٢- العلم هو الرأي الصحيح .

٣- العلم هو الرأي الصحيح المدعم بحجة .

ففيما يتعلق بالتحديد الاول يهدمه سقراط ، لانه تحديد يوقعنا في النظرة النسبية . ولا يتحلى بأي طابع موضوعي يجعل الاتفاق حولها ممكنا ، بل تتغير حسب الاشخاص والافراد ، وهو معنى العبارة الشهيرة لبروتاغوراس : « الانسان مقياس كل

Platon - Théététe . trad - E . Chambry . Garnier - 1 Flammarion . 1967 . p . 73 - 74 .

الاشياء » . فالعلم كوني أو لا يكون .

بالنسبة الي التحديد الثاني فهو يساوي العلم بالرأي الصحيح ، والرأي تخمين وظن . وآراء قدتحدث صدفة ان تكون الآراء صحيحة ، لكنها ليست نابعة من يقين وضرورة ، بل عن ظن. وسقراط يرفض هذا التحديد الثالث بدعوى انه لا يضيف جديدا اذا قورن بالتحديد الثاني . وحجته انه باستطاعتنا الادلاء بحجج ودلائل على آراء خاطئة وعلى احكام هي وليدة تخمين ، دون ان يعني ذلك ان تلك الآراء والاحكام ستصبح صحيحة بمجرد ادلائنا بحجج أو دلائل . فاليقين ينهي النسبية والتعدد ليفضي الى القول الفصل .

هذا هو الهيكل العام للمحاورة ، وهو اطار يطرح تحديد ماهية عقلانية العلم في آخر المطاف والملاحظ ان الفكرة الاساسية التي ترتكز عليهاالمحاورة في هدم ربط العلم بالاحساس او بالاراء والظنون ، هي ان ذلك سيؤدي الى نزع صفتي اليقين والضرورة عنه ، باعتبار ان الاحساسات والظنون والاراء نسبية تختلف باختلاف الافراد . هذا واذا كان سقراط لا يعطي جوابا صريحا معللا . فانه مع ذلك يقدم تلميحات وايماءات يستفاد منها ان العلم برهنة عقلية ، تفرض فيها الحقائق نفسها علينا فرضا ، وتكون الحقائق هي معيار صدقها لانها تترتب عن اخرى سابقة عليها ، وهكذا كما هو الشأن في الرياضيات فان العلم يستنبط ولا يدرك من

الاحساس والحواس باي وجه . فنموذج عقلانية العلم هو الرياضيات

هذا الطرح سيوليه انصار العقلانية المعاصرة قيمة كبرى ، اذ سينظرون اليه على ان فيه سبقا فلسفيا لما سيقولون به هم ، وانتباها للمشاغل المنهجية التي تشغلهم و« الاصول » الفلسفية لنظرتهم . وبالتحديد ماهية العقلانية التي تهيكلت وتكونت في الثورة العلمية الكوبرنيكية والجاليلية والنيوتونية .

و يكمن انشغالهم في البحث عن ضمان لليقين ، يقين المعرفة خارج الاحساس والتجربة ، بمثابة الثابت البنيوي الذي فكرت وتفكر به كل النظريات العقلانية ، من افلاطون حتى باشلار ، مع تبدل في الاشكالية والافق والمسأليات ، وفي المنظومة المرجعية ايضا ، والتي تبقى في جميع الاحوال ، وفي الغالب الاعم مراحل العلم التي عاصرها كل تيار : الرياضيات الفيتاغورية بالنسبة لافلاطون ، فيزياء غاليليو بالنسبة لديكارت ، ميكانيكا نيوتن بالنسبة لكانط والفيزياء المعاصرة بالنسبة لباشلار والوضعين المنطقيين وغيرهم .[2]

لكن ما تحدر الاشارة اليه هو ان الخطيئة الاصلية لكل العقلانيات التقليدية هي الوقوف عند القيم الابستملوجية للعلم المعاصر لها واعتبارها قيما ثابتة ونهائية والنظر الى العلم وكأنه

Karl Popper , Paul Feyerabend et Thomas Kuhn2
, Jurgen Habermas ETC .

عقلانية علوم الطبيعة.
اكتمل نضجه ووصل نهايته ، مما ادى بها الى التشريع للعلم انطلاقا من مرحلة معينة من تاريخ العلم ، ورفع مفاهيم هذه المرحلة الى مرتبة المطلق واحتواء نتائجها لصالح النسق الفلسفي وتعميمها Généralisation على كل مراحل تاريخ العلم السابقة واللاحقة . وهذه الخطيئة هي ما تحاول العقلانية المعاصرة بالضبط تلافيه عندما تدعو الى « فتح المذهب العقلاني »[3] . على حد تعبير باشلار ، والى عدم النظر الى القيم الابستملوجية للعلم على انها ثابتة ونهائية واخيرة. والنظر في العلم والعالم بأنهما بلا حل نهائي Irresolus[4].

نلاحظ هذا المسعى بصورة قوية مع جان بياجيه مؤسس الابستمولوجيا التكوينية الذي اهتم بالتحليل العلمي لتكوين المعرفة بحثا عن اسسها النفسية والاجتماعية والمنطقية وحتى البيولوجية . ويعترف بياجي Piaget في غير ما موضع من مؤلفاته انه من غير الممكن النظر الى المعرفة كما لو كانت محددة تحديدا اختباريا فقط ، اي من طرف معطيات الموضوع ، نظرا لان هذه الاخيرة نفسها لا يكون بالمستطاع معرفتها ، او « تركيبها » الا بوساطة ضرورية معينة ، انها ضرورة البنيات المنطقية الرياضية وعملياتها التي تشكل « االبني الذهنية Schémes» الاساسية

---

3 Gaston Bachelard , La philosophie du non Paris P.U.F 1971 Conclusion

4 Karl Popper L'univers Irresolu Hermann 1981

التي تسمح بامكان معرفة وضوعية .[5]أنها بنيات تنشأ من خلال توازن عمليتي « استيعاب » العالم الخارجي ، و«التوافق » معه وهو الذكاء ، وهذا ما يميز موقف العقلانية المعاصرة ممثلة في بياجي عن العقلانية الكنطية .ان الاولى تضفي « الصفة الجدلية » على المقولات دون ان ترفض المبدأ القائل بوجود مقولات قبلية تسمح بامكان المعرفة واضفاء الموضوعية عليها ، وبذا فهي تحافظ على الثابت البنيوي الذي يمكن اعتباره لعب دور الهم الاساسي للتفكير العقلاني : الا وهو القول بأن للعقل بنية سابقة على التجربة a priori . ولذلك كانت التيارات العقلانية التقليدية تنظر الى هذه البنية من منظور قبلي بنيوي ثابت ، نجد العقلانية المعاصرة تنظر اليه من منظور « تاريخي » تكويني ديناميكي متحول يضفي الصفة الجدلية على تلك البنية ويلح على ان لها تاريخا يعكس اثر تطور المعارف عليها ، كما ينفي صفة النهائية والثبات عنها . أي يدرسها ديناميكيا كصيرورة .[6]

و يذهب الكسندر كويري [7] الى القول بان اهم الثورات العلمية في عصر النهضة تمت في افق « افلاطوني » لا من حيث ان الافلاطونية نسق فلسفي مثالي روحاني بل من حيث ان الاشكالية التي تطرح ضمنها مسألة المعرفة اشكالية رياضية ،

J. Piaget - L'épistémologie génétique - P. U. F. 1970. p.5

5 et pp. 64 . sq .

Jean Piaget op - cit6

A. Koyrée-Etudes galiléennes-Ed-Hermann-1966 .7

تناهض التجربية الحسية وتقيم قطيعة بين الموقف العلمي والموقف الطبيعي .

جدد غاليليو المنهج العلمي التجريبي - حسب كويري -عندما اعتبر الرياضيات لغة واطار للتجربة العلمية . والرياضيات لغة لأن كتاب الطبيعة لا تتيسر قراءته الا من منظور رياضي وان ما يهدف اليه العالم ليس وصف الطبيعة وتكوين نسخ لها ، بل تحويلها الى صيغ رياضية تتخذ صورة قوانين رياضية طابعها الدقة واليقين ، وتحمل معايير صدقها في ذاتها كعبارة انتجها البرهان . فغاليليو لم يكن يفصل بين المنهج التجريبي والمنهج الرياضي بل يعتبر الاول منهجا فرضيا - استنباطيا مع فارق ان الافتراض في الرياضيات اكسيومي ، صدقه صدق اتساقي منطقي ، بينما الافتراض التجريبي نتأكد منه تجريبيا مخبريا .

يرمي ايضا الكسندر كويري في كتابه « دراسات في تاريخ الفكر العلمي » [8] الى محاولة اعطاء « تأويل جديد لاصول العلم الحديث » ، اذ تحت هذا العنوان عقد فصلا حاول فيه ان يبرهن خلافا لسائر مؤرخي العلم الاتصاليين Continuistes ، ان العلم الحديث لم يتمكن من الوقوف على قدميه الا عندما سار كل من كوبرنيك وغاليليو في اتجاه معاكس للاتجاه الذي سار فيه الاسميون

---

8 - A. Koyré- Etudes d'histoire de la pensée scientifique Gallimard. 1973. p. 61. sq .

والأرسطيون والدي يقوم على الفصل بين الرياضيات والواقع ، اي في اتجاه معاكس « للتجريبية الارسطية العقيمة »[9]، ومن افق يؤمن ايمانا عميقا بأن الرياضيات اكثر من مجرد وسيلة شكلية ولغة تصوغ ترتيب الوقائع واضفاء طابع النظام عليها ، بل هي مفتاح فهم الطبيعة نفسها . « وفي الواقع نجد ان المنهج الاسمي يقود الى الشكية ويوقع فيها ، ولا يؤدي الى تجديد العلم[10] . والكيفية التي كان يتصور بها غاليليو المنهج العلمي الصحيح تقوم على القول بسيادة العقل على التجربة الخام ، وبالاستعاضة عن الواقعية المعروفة اختباريا بنماذج رياضية ، وبأولية النظرية على الوقائع . في الواقع إن العلم بناء وليس عطاء.

وفي فصل آخر بعنوان «غاليليو وافلاطون » يؤكد كويري على ان فيزياء ارسطو والاسميين كانت بالنسبة إلي فيزياء غاليليو وديكارت ، اكثر اقترابا من التجربة العامية والتجربة لدى غاليليو وديكارت « تجريب » اي استفهام منهجي و رياضي للطبيعة لكنه استفهام يصوغ اسئلته في لغة رياضية ، حروفها المنخنيات والسطوح والزوايا والخطوط والدوائر . وهو نفس التقليد الذي دشنه من قبل « ارخميدس » والفيثاغوريون . لهذا فان واضع اسس علم الفيزياء الحديث ، في نظر كويري ، هو ارخميدس وليس « اسميو مدرسة باريس » ، فالفترة التي عاش فيها غاليليو فترة

---

9. Ibid. p. 82

10. Ibid. p. 81

، كان فيها التعارض بين الارسطية والافلاطونية تعارضا واضحا [11]

:

يلاحظ أيضا في مؤلفات غاليليو تلميحات واشارات الى طريقة التوليد Maïeutique (المايوطيقا) المتبعة في المحاورات الافلاطونية والى نظرية التذكير القائلة بأن العلم تذكر والجهل نسيان ، والى اهمية كل ذلك كمنهج تستنبط فيه الحقائق استنباطا رياضيا لا يدعو الى مجال للشك في صحتها . بل هناك تأكيد من طرف غاليليو على ان العلم الحديث دليل تجريبي من الافلاطونية . رغم عدم إهمال جاليلي للرصد والتقنيات بل حتى التجارب من برج بيزا Tour de Pise.

يستنتج كويري الى ان غاليليو ادرك ناحية الخصوبة في الفكر الافلاطوني ، مما جعله يعتمد الرياضيات في كشوفه الفيزيائية والميكانيكية الى حد انه يمكن اعتبار الفيزياء الكلاسيكية بلغت اوجها وعظمتها باحياء الفكر الافلاطوني لا سيما في جامعة بادوا الايطالية . حيث كان قاليلو أستاذا عالما .

ان الثورة العلمية الحديثة تمت ضد الاشكالية المجسدة في فيزياء ارسطو والتي تقوم علي فيزياء « الحس المشترك » وتقوم على تبني « الموقف الطبيعي » للانسان العامي الذي هو موقف الخبرة اليومية . واعتبرت « السكون » حالة طبيعية بينما نظرت الى « الحركة » على انها حالة عارضة ، ثم قسمت الحركة حسب

Ibid . p . 188 11

كيفياتها الظاهرة وحسب نوعية العنصر الذي يتركب منه الجسم .
ولم يمكن ظهور تصور جديد للحركة ممكنا الا عندما قطع غاليليو
مع مثل هذه الدعاوي فاعتبر الحركة حالة طبيعية والسكون حالة
عرضية أي حالة انعدام الحركة . وبدلا من تفسير سقوط الاجسام
الثقيلة من اعلى الى اسفل قام بصياغة قانون رياضي معروف يبرز
العلاقة بين « موجودين » رياضيين . « وبهذا يكون غاليليو قد
ابرز كيف ان الاستدلال المجرد يمكنه ان يفيد في معرفة عالم
التجربة ، وكيف انه بالتفكير في « طبيعة الأشياء » يمكن
استنباط قوانين تؤكدها التجربة » [12]. وبهذا يقول ديكارت معاصر
غاليليو الذي صاغ مبدأ العطالة بوضوح ومشاطره في الرأي :
«لقد تجنب قدر مستطاعه الاخطاء المدرسية ، كما حاول فحص
الموضوعات الفيزيائية عن طريق اعتبارات رياضية ، وفي هذا اتفق
معه كامل الاتفاق كما أتمسك بأنه لا طريق آخر لبلوغ الحقيقة غير
ذلك » [13] . وفي رسالة وجهها غاليلي الى احد اصدقائه ، يذهب
الى ان الفيزياء هي بالضرورة علم رياضي ننظر فيه الى الطبيعة

B. Cohen - Les origines de la physique moderne - Payot 12
- 1962. p. 93.

R. Descartes - Lettre à Mersenne , 11 Octobre, 13
1638.Oeuvres philosophiques - ed. F. Alquié - Paris Garnier -
1967. Vol. 2. p. 91.

نظرة هندسية ونقرأ فيها الواقع قراءة رياضية [14] .

و هذا ما دفع كويري الى التصريح « بأن ظهور العلم الكلاسيكي تم بالرجوع الى افلاطون » [15] . وهو بهذا يريد ان يعارض وجهة نظر مؤرخي العلم ذوي الميول الوضعية والتواصليين عموما الذين يماثلون العلم بالتجريبية ويعتبرون ان كل تجديد وانتصار يحققه العلم لا يتم الا ضد المثالية والتأمل ، وينظرون الى الثورة العلمية الحديثة ممثلة في غاليليو على أنها تأسست على الخبرة وليس على التأمل » [16] وقامت على منهج بيكون التجريبي الذي هو استمرار للارسطية ، ذاهبا الى ان « التجربة » عند غاليليو ليست « تجربة » بالمعنى البيكوني ، بل هي « تجربة فكر » من نوع التجارب التي كان ارخميدس يقوم بها ، اي تلك التجارب المركبة تركيبا والقائمة على التأكد من فروض رياضية مجردة . « وأننا لنعني هنا بالفيزياء الأرخميدية الفيزياء الرياضية الاستنباطية » و« التجريبية » ، وتلك هي الفيزياء التي طورها ووسعها غاليليو . انها فيزياء الفرض الرياضي : تستنبط فيها قوانين الحركة ، وقانون سقوط الاجسام استنباطا «تجريديا » دون استعمال مفهوم القوة (الارسطي) ودون اللجوء الى الخبرة

Lettre à Fortunio, Janvier 1641. Cit in P. Michel - 14
Galiléé - Dialogues et lettres choisies - Hermann. 1966. p. 430

A. Koyré - Etude galiléennes p 279 - 280 .15

A. March - La physique moderne et ses théories - 16
Gallimard. 1968 p 32

والتجريب على الاجسام الواقعية . و« التجارب » التي يؤديها ويقوم بها فعليا ليست سوى تجارب فكرية . اذ هي وحدها يمكن القيام بها في الفيزياء ، خصوصا وان موضوعات الفيزياء ليست اجساما « واقعية » بمعنى الحس المشترك - فالمكان الهندسي لاواقعي [17] . ان هندسة الطبيعة Géométrisation وصياغة مبدأ العطالة هما الأساسان لكل تصور ممكن للعلم إنهما نقطة اللاعودة الى العلم الارسطي .

و يصرح كويري « ان التجربة في مفهوم غاليليو وليدة خيال عجيب ، وان فكرة تحويل السقوط من سقوط حر (يتم في طبيعة) الى سقوط على مستوى مائل (يصطنع في المختبر) ، هي في الحقيقة احدى سمات العبقرية » [18] ، والمقصود بالخيال ، الخيال الرياضي ، لان الطبيعة لا يمكنها الاجابة الا عن الأسئلة المطروحة عليها في صيغة رياضية ولغة الخيال ارقام ورموز واشكال هندسية ، وهو مسعى في حقيقة الأمر غريب ، يكون فيه العلم مضطرا ، كي يفسر الواقع ياجأ الى تفسير الواقع العيني باللاواقع وبالمستحيل واقعيا ، اي ربط ما هو موجود بما ليس موجودا ، والبحث في العلاقات العقلية المجرد عما يسمح بامكان المحسوس العياني . هذا هو المسعى « المتناقض الذي سار فيه ارخميدس ومن بعده غاليلي ، وهو مسعى افلاطوني يقوم على تفسير الواقع

---

17. A. Koyré - op . cit. p. 78-79

18. Ibid. p. 153

الاختباري باعادة تركيبه وبنائه انطلاقا من واقع تجريدي مثالي »[19]

ان التقاء غاليلي وديكارت حول هذه النقطة يتمثل في اعتبار كليهما الرياضيات نموذج العلم .يشير برنشفيك الى ان ديكارت كان معجبا بالمنهج الرياضي ، وبدقته ، تلك الدقة المبنية على اليقين البديهي للرياضيات الكونية Mathésis universalis .و كعالم اراد ان يتصف خطابه باليقين ، عليه ان يتخذ الرياضة نموذجا منهجيا يحتذى وان يقلد الاستنباط الرياضي بما هو منهج فرضي استنباطي ينطلق من مجموعة من الافكار الواضحة المتميزة . لذا يقول برنشفيك : « فيزياء ديكارت ، فيزياء تخيلية وغالبا ما نجد في الفيزياء ان المفاهيم الواضحة ليست سوى مفاهيم تم تخيلها بصورة واضحة »[20] أو كما يقول روبرت بلانشيه « وان ما كان دكاترة الفكر المدرسي يعيبونه على غاليلي هو مبالغته في استعمال الرياضيات وعدم اهتمامه بثراء الواقع والتباين فيه وادعائه القدرة على ادخال قانون حركة الاجسام في صيغة واحدة دون اعتبار للاختلافات والفروق الموجودة بين مسار قذيفة وحركة عربة وطيران طائر . . . لقد كان مفكرو العصر الوسيط يقيمون ، متأثرين في ذلك بارسطو ، فرقا حاسما بين

---

19 Ibid. p. 209.

20 L. Brunshvicg - Métaphysique et mathématiques chez Descartes . Revue de métaphysique et de Morale . 1927. p. 63 .

عقلانية علوم الطبيعة.

الرياضيات التي لا تهتم في نظرهم الا بالاشياء المثالية والفيزياء التي عليها في نظرهم ، ان تهتم بالاشياء الواقعية ، اما معالجة الفيزياء معالجة رياضية ، فقد يعتبر تبسيطا شنيعا »[21] .

و ان دراسة تطور الأفكار العلمية وتقصي الثورات التي حصلت في تاريخ العلوم يبرز لنا الفكر الانساني في صراعه مع الواقع ويكشف لنا عن مظاهر اخفاقاته وانتصاراته وتحولاته النوعية عن الصعوبات والعوائق التي واجهها ذلك الفكر في صياغته للقوانين والنظريات العلمية ، أنّه يشير علاوة على ذلك الى المجهود الذي لا يقدر والذي بذل في كل خطوة خطاها العلم نحو تفهّم الواقع وهو المجهود الذي يؤول أحيانا الى تحوّل حقيقي في بنية الفكر الانساني تتحول بفضله المفاهيم العلمية التي أبدعت بمشقة الى مفاهيم ليست فقط سهلة القبول ولكن أيضا واضحة وبديهية . ولعل من أهم هذه التحولات تلك التي شهدها العلم الفيزيائي بأن أصبح قابلا للتريض متوسلا الاستقراء والاستنباط ومتخلصا من التجربة المباشرة والحس المشترك . ونعني بذلك العلم المنسوب الي الثورة الكوبرنيكية والجاليلية التي تأسست على أنقاض الفيزياء الارسطية وبهدمها والتي شكلت بالتأكيد تغيرا ذهنيا عميقا في حوار الانسان مع الطبيعة . ومثلت الفيزياء الحديثة من ذات الوقت اساسه وحاصله وقطيعته.

---

21 R. Blanché - la méthode exprémentale et la philosophie de la physique p. 8 - 9 .

ولئن تنوعت القراءات لهذا التحول من تركيز بعضهم على الاستتباعات الاجتماعية والسياسية لهذه الثورة الى الاقرار بتحول نوعي للفكر الانساني من طور التأمل الى طور الممارسة والفعل وما ينجم عن ذلك من تحول في وضع الذات المفكرة من الاندهاش والتأمل الى طور السيطرة التقنية الفعلية بالنسبة للبعض الاخر.الى تركيز باحثين آخرين على الصبغة التجريبية التي اصبح يحوزها الوعي بأن تخلص من العلل الغائية وعوضها بالعلل الفاعلة والميكانيكية . فان كل هذه التفرعات تدل على عمق الرجة التي احدثتها الثورة الكوبرنيكية في تاريخ العلم عامة والعلم الفيزيائي خاصة اذ حازت شرف تخليص هذا العلم من اخطاء الفيزياء الارسطية التي ظلّت مكبلة للفكر الانساني طيلة قرون ، وإرساءالعلم الحديث .

يتإسس العلم الحديث علي :

إولا ،نظرية مركزية الشمس لكوبرنيك التي وحدت العالم.

ثانيا ،مفهوم لانهائية الكون لجوردانو برونو.

ثالثا ،مفهوم النسق ليوحنا كبلر.

رابعا ،الثورة الجاليلية.

خامسا ،الثورة النيوتونية.

كوبرنيك Copernic وتوحيد العالم

يعتبر عمل « كوبرنيك » في تاريخ الفكر العلمي منعطفا تاريخية حاسمة : اذ حصلت بفضل مساهمة هذا العمل الثورة العلمية في القرن السابع عشر. واحلت هذه الثورة محل الفضاء المغلق والتراتبي القديم والوسيطي ،الكون المنسجم واللامتناهي، كون كوبرنيك ،الذي أصبح بديهيا في فكرة الحداثة .

و لكن الأمر الغريب هو أن الثورة الكوبرنيكية تبدو لنا بدون مقدمات وبدون اعداد . فلا « نيقولا دي كي» (الذي ربما عرف « كوبرنيك ») ولا « ليونادر دا فنشي » (الذي لم يعرفه) ، كانا من الرواد بالنسبة الي« كوبرنيك » . واذا كان دوران الأرض حول محورها قد بحث بجدية قبل ذلك ، من قبل نقولا أورسم Nicole Oresme ، فإن أحدا لم يفكر ، منذ اريستارك دي ساموس Aristarque de Samos وسولوكوس Seleucus بجعل الشمس مركز الكون وإعطاء الأرض حركة مدارية .

و إذا فكتاب « كوبرنيك » «حول مدارات الافلاك في عالم السماوات » مد لفلكيي عصره اليد من فوق ألفي سنة من التطور التاريخي والنسيان لنظرية مركزية الشمس ونجح فلأنه وقد تحصن بالتقنية الرياضية الموروثة عن « بطليموس » انجز ما عجز سابقوه

القدامى عن الشعور به وانجازه. كما نزع كوبرنيك إلى الاخذ بفرضية جمالية : هي تناسق للكون .

1- حياة « كوبرنيك » :

ولد « نقولا كوبرنيك » في 19 مارس سنة 1473 في ثورن في بروسيا (بوميريليه) . وكان أبوه ، وكان يدعي « نقولا » أيضا ، برجوازيا من كراكوفيا جاء يسكن في ثورن قبل ان تستولي بولونيا على المدينة . وكانت امه بربارا وازلرود Barbara Watzelrode من عائلة قديمة مشيخية في المنطقة.

فقد « كوبرنيك » أباه وهو في العاشرة فكفله خاله لوكاس وازلرود Lucaz Watzelrode الذي اصبح فيما بعد اسقف وأرمي ، هل كان « كوبرنيك » بولونيا أم المانيا ؟ .

اسالت هذه المسألة الكثير من الحبر وتبدو ناشزة وليس لها أدنى أهمية : فليس عرقه بل تكوينه الفكري الذي لعبت فيه ايطاليا دورا لا مثيل له وأعظم من دور بولونيا وهما اللذان يفسران عبقريته . من وجهة نظرتاريخ الفكر الذي يهمنا وحده هنا، يبدو و« كوبرنيك » ، نسيج وجده . في سنة 1491 كان «كوبرنيك» في جامعة كراكوفيا -التي تمتعت في ذلك الزمن بشهرة عظيمة وفي الواقع كانت اهم جامعة في الشرق الأوروبي واشتهرت كمركز ثقافة علمي وانساني -يدرس. و تنقصنا المعلومات عن دراسة «كوبرنيك» ، ولكن رغم التيقن من انه قام

بدراسات معمقة في علم الفلك يبدو أنه تبع البرنامج المعتاد المتبع في كلية الفنون حول الفلسفة .

في سنة 1496 عاش « كوبرنيك » في وارمي ، وبعدها انتقل في بداية السنة الى ايطاليا ليدرس فيها الحقوق. وفي أول جويلية سنة 1496 دون اسمه في سجل المواليد الألمان في جامعة بولونيا الإيطالية ، مما لا يوجب ان يكون « كوبرنيك » اعتبر المانيا . وامضى « كوبرنيك » ثلاث سنوات تقريبا في بولونيا الايطالية وفيها تابع دراساته حول علم الفلك ويبدو انه كان متقدما في هذا العلم كونه قد تتلمذ على الفلكي الشهير دومينيكو ماريانوقارا Doménico Mariua da novara الذي شهد له وقد درس في نفس الوقت القانون والطب والفلسفة وعمل علي تعلم اللغة اليونانية .

وفي سنة 1500 ذهب الى روما حيث القى سلسلة من المحاضرات في الرياضيات (وربما في الفلك) . وفي سنة 1501 رجع الى بولونيا لكي يستلم شخصيا بولاية كانونيكا كاتدرائية فرونبورغ .

يبدو ان افكار « كوبرنيك » قد تكونت لديه بصفة رئيسية كنظام مركزية الشمس بصورة باكرة . يقول في مطلع كتابه «حول مدارات الافلاك في عالم السماوات »انه احتفظ بانجازه سريا ، لا تسع سنوات فقط كما يقول الشاعر آوراس Horace بل ستا

وثلاثين سنة . وهذا الزعم لا يمكن ان يؤخذ بحرفيته ، بالنسبة الى الكتاب بالذات . بل ربما يتعلق الامر بالفكرة الأساسية أي بفكرة دوران الافلاك حول الشمس .

فقد كان يفهم تماما أنه لا يكفي صياغة افكار جديدة ، او كما اعتقد ، محاولة احياء تصورات قديمة فيثاغورية : بل لا بد من اجل النجاح في ذلك، من تقديم نظرية حول الحركات الكواكبية كاملة ومفيدة مثل نظرية « بطليموس » . وهذا ما قدمه لنا كتاب « نيكولا كوبرنيك » حيث يتضمن القسم الأول عرضا عاما لنظام الكون ، ومعالجة لعلم المثلثات . اما القسم الثاني فيحتوي على عرض حول علم الفلك الكروي مع خارطة للنجوم ، استعمل «كوبرنيك» في صنعها المعطيات القديمة وكذلك الملاحظات الحديثة. وفيه ايضا يعيد حساب العناصر الأساسية للحركات مثل طول السنة وتتابع الاعتدالين ، الخ . وفي القسمين الثالث والرابع من كتاب « حول دوران الأفلاك في عالم السماوات» يعرض « كوبرنيك » النظريات الكسمولوجية بشكل مفصل عن حركات الكواكب ، الحركات الظاهرة والحقيقية للشمس والأرض والقمر والنجوم . وليس من المستغرب ان يستمر وضع هذا الكتاب على الأقل حتى سنة 1532 . وربما لم ينته منه الا فيما بعد . وقد اشتغل « كوبرنيك » في كتابه طيلة حياته يدخل عليه التغييرات والتصحيحات التفصيلية . وفي يوم موته وعند إحتضاره تلقى أول

نسخة مطبوعة منه .

و رغم ان اصدقاءه ، وخاصة صديقه «تيدمن جيز» أسقف مدينة كولم ، قد الحوا عليه بان النشر واجب تجاه العلم وتجاه البشرية الا ان « كوبرنيك » لم يقرر ذلك . فقد كان يخاف من الفضيحة ومن ردة فعل رجال الدين ، ومن الغيبة القاتلة . وهو موقف حذر جدا ولا شك ، ولكنه في محله في ذلك الزمن .

2- كتاب كوبرنيك :

يفسر كوبرنيك في التقديم الذي وجهه الى البابا بولس الثالث Pape Paul III ، والذي يشكل مدخلا لكتابه ، يفسر الأسباب التي حملته على وضع نظرية جديدة حول حركات الكواكب: وملخصها الخلاف بين الرياضيين ، وتعدد وتنوع الأنظمة الفلكية وكذلك عجز هذه الأنظمة كلها عن تمثل الحركات الظاهرة بدقة وبقائها امينة لمبدأ الحركة الدائرية والمنسجمة والموحدة . وكان من الواضح ان « الرياضيين » إما انهم اهملوا المبادىء الأساسية ، أو أنهم ادخلوا فرضية خاطئة في انظمتهم ومناهجهم .

و بعد ان قرأ كوبرنيك كل الكتب الفلسفية التي تعالج بنية الكون ، وجد عند بعض المؤلفين مثل هيسيتاس Hicetas ، وهير اقليد دوبون Heraclide du pont ، واكفونتو Ecphantus أنهم كانوا يؤمنون بحركة الأرض . وهذا المثل دفعه الى تفحص هذه النظرية بنفسه ، رغم استحالتها الظاهرة . وتبين انها تقدم

تفسيرا ممتازا للظاهرات السماوية وتؤدي الى عالم كامل الانتظام.
والنتيجة التي تفرض نفسها : خطأ الرياضيين انهم جعلوا الأرض محور الكون ومحور الحركات السماوية .

يقول « كوبرنيك » بوضوح معبرا عن مآخذه على نظام « بطليموس » : أنه بالدرجة الأولى عاجز عن أن يبقى امينا للمبدأ الأساسي القائل بانسجامية الحركة الدائرية للأجرام السماوية ، وانه شوه هذا المبدأ باختراعه ما يسمى بـ Equants وبالدرجة الثانية انه اعطى صورة غير عقلانية عن الكون .

و يذكر كوبرنيك بخلال مؤلفه (القسم الأول) وهو يعرض المصاعب الملازمة لنظرية حركات الزهرة Venusوكوكب عطارد Mercure ، يذكر بتصور وارد عند مارتيانوس كابلا Martianus Capella . وبموجبه يدور الكوكبان المذكوران حول الشمس . ويضيف كوبرنيك انه اذا أراد أحد تطوير هذا التصور يتوجب عليه أن يضع الشمس في وسط حركات زحل والمشتري والمريخ و Mars ، وهكذا يعثر على التفسير الحقيقي لحركاتها. وهو مسار غريب لأن الشمس تلعب دورا عاديا في علم الفلك البطليموسي .

يقول ج . ج . ريتيكوس G. J. Rheticus في كتابه (نراسيوبريما Narratio Prima) ان التغرات الكبيرة في لمعان كوكب المريخ عند بزوغه صباحا قبل الشمس وفي الغسق بعد

المغيب هي التي اقنعت « كوبرنيك » ان الشمس هي مركز حركات هذا الكوكب .

3-صورة الصراع بين الكون الوسيطي لبطليموس وصورة الكون الكوبرنيكية .

و يتضمن كتاب كوبرنيك ريفوليسيونيبوس De revolutionibus في الواقع نشيدا حقا للشمس - التي هي عين وفكر الكون وعميده ، وهي الاله المرئي ، فضلا عن ذلك يبدو التحليل الذي يعطي للشمس المكانة المركزية نظرا لكمالها - « من في هذا المعبد الكوني يضع هذا المصباح البهي في مكان آخر أو افضل ، غير المكا و الذي منه يمكن انارة كل شيء بآن واحد ؟ » - هذا التحليل يكشف عن تول جذري في الحساسية الهندسية التراتبية ، التي ، خلافا للتحول الذي تقول به الآرسطية والمسيحية ، في المركز الرئيسي لا في المركز الأدني أو الا حقر، بل تقول برأي الفيثاغوريين انها في المقام الأجمل والأشرف .

لقد قام كوبرنيك بتبسيط الأوليات الكواكبية : ويأخذ «كوبرنيك» على علم الفلك المقبول عموما في زمانه ، فضلا عن نواقصه المذكورة ، يأخذ عليه تعقيداته الكبيرة . وبهذا المعنى يكتب : من الأفضل افتراض حركة الأرض ، وان بدا ذلك مستحيلا ، من أن نترك الفكر يضيع أو يتمزق بتعدد الدوائر والمدارات في علم الفلك القائل بكروية الأرض . وعندما ننظر الى

الرسيمة التي وضعها لعالمه نؤخذ بجمالها وبساطتها .

و لكن تفوق نظام « كوبرنيك » لا يقوم فقط على انقاص عدد الحركات السماوية والدورات المطابقة لها . إن هذا التفوق يقوم على توحيد جنس هذه الحركات : ان مدة مسار الكوكب حول الشمسّ تتبع أو هي رهن بالمسافة التي تفصل هذا الكوكب عن الشمس .

يبدو هجوم « كوبرنيك » على علم الفلك وعلم التنجيم التقليديين مهما للغاية . فهو يبين لنا أن الانتقال من مركزية الأرض الى مركزية الشمس لا يقتضي احلال نظام الدوائر او الحركات السماوية محل نظام آخر بقدر ما يقتضي الايمان بثورة فكرية اكثر عمقا وذات مدى أبعد من الاكتفاء باصلاح سهل وبسيط لعلم الفلك . ويرد « كوبرنيك » على « بطليموس » ، وبصورة خاصة على « ارسطو » ، بقوله انه من غير الممكن أرادة تحريك المكان من دون تحريك ما يشغل هذا المكان ، وانه بسبب ذلك يجب ان تعتبر السماء المنجمة ، التي هي مكان الكون ، كما يقول أرسطو ، يجب ان تعتبر ثابتة غير متحركة . وهذه الحجة تبدو لنا معقولة تماما . وبالفعل نشعر بأنه مخالف للعقل ترك هذا الكون الواسع غير المتناهي بالنسبة الينا يدور حول حبة غبار صغيرة .

و بصدد دوران الارض فان الأرسطي يشعر بوجود تعارض

اساسي وكمي ، بين الأرض ، الثقيلة الجامدة والأجرام السماوية التي لا وزن لها : فلتحريك الأولى لا بد من محرك خارجي مادي ذي قوة هائلة . أما حركات الأخيرة فهي بالعكس ، نتيجة لكمالها، أي لطبيعتها بالذات . الا ان « كوبرنيك » لا يشعر بشيء من هذا ، فالأرض في نظرة لا تتعارض من حيث نوعيتها مع بقية الكواكب : بل هي واحدة منها . وما يصح لهذه يصح للأرض . ويرد كوبرنيك على الاعتراض الفيزيائي بأن دوران الأرض يجب ان يولد قوة ضخمة . خارجة من المركز (سانتريفوج) من شأنها ان تحطم الأرض الى شظايا ، بأنه اعتراض يمكن ان يثار ضد حركة السماوات ، خصوصا وان سرعة حركتها اعظم بكثير من سرعة حركة الأرض . لقد قام كوبرنيك بتوحيد العالم بتوحيد حركته ، طبيعة حركته . ثم سعى إلى توحيد مكوناته .

وقد اثار علم الفلك البطليموسي وكذلك فيزياء « ارسطو »، اثباتا لجمود الأرض في مركز الكون . والحجة بأن الأجسام الثقيلة تهبط كلها نحو « الأسفل » اي نحو هذا المركز، وأن مركزها الطبيعي هو بالتأكيد هذا المركز . يرد كوبرنيك : هذا غلط وان الاجسام الثقيلة لا تنزع نحو وسط العالم . فالثقل ليس الا النزوع الطبيعي لأجزاء كل فصلت عن هذا الكل لكي تعود اليه . ولهذا فالاوزان الأرضية ، لا تسعي اطلاقا للاقتراب من « مركز العالم» لتستريح فيه ، بل تكتفي فقط بالنزوع نحو « كلها » أي الأرض.

ويكون الأمر كذلك ، فيما خص هذه الاجزاء المفصولة عن القمر وغيره من الكواكب . انها تنزع نحوها ، لا نحو مركز الكون . وهكذ ا يتبين ان الفضاء الكوبرنيكي ليس ابدا الفضاء المختلف فيزيائيا . فضاء « ارسطو » لا شك أنه يبقى محدودا ومغلقا ضمن قبة السماء . ولكنه داخل هذه القبة مُهَنْدَسٌ ومحكوم بقوانين .

يقول كوبرنيك : « ولكن ماذا نقول عن الغيوم وغيرها من الأشياء العائمة في الهواء . وكذلك الأشياء التي تهبط ، أو بالعكس تنزع نحـــو الأعلى » ؟ وذلك في مــجـــال الرد على الاعتراض القديم على حركة الأرض ، القائل بأنه : اذا كانت الأرض تتحرك ، فان الحجارة المقذوفة في الهواء (أو المقذوفة من اعلى برج) لا تقع أبدا في المكان المقصود من قبل الرامي (او عند اسفل الدرج) ، بل تظل متأخرة ، كما « تبقى متأخرة ايضا » الطيور ، والغيوم والهواء ذاته ، الذي يشكل ، بهذا ، عاصفة رهيبة تصفر باستمرار دائم من الشرق نحو الغرب ؟

يرد كوبرنيك بكل بساطة : لما كانت هذه الأشياء ارضية ، فانها والطيور والسحب والهواء وحتى النار تشارك في حركة الأرض وتنجر وراءها . من جراء هذا « فالأشياء التي تقع وترتفع» تقوم بحركة مختلطة بالنسبة الى الكون ومؤلفه من مستقيم ومن دائري ، يبدو لنا ، نحن ، مستقيما .

و « كوبرنيك » الذي يبدو وكأنه قد استلهم « نقولا دي كوي

« Nicolas de Cues، يعتقد بأن الشكل الكروي - هو الاكمل هندسيا - وان كل الاجسام الطبيعية تفتش عنه بسبب هذا الكمال بالذات - ليس هو الاكثر اهلية للحركة فقط - وهذا ما يسلم به الجميع - بل إنه سبب كاف لها ، وانه يولد بالطبع الحركة الاكمل والاكثر طبيعية اي الحركة الدائرية .

لماذا اعتبر « كوبرنيك » مبدأ الحركة الدائرية المنسجمة أساسا لكل الحركات السماوية ؟ انه الوسيلة الوحيدة لجعل الالة الكونية تتحرك . فالجسم المستدير مثل المدار الكوني اذا وضع في الفضاء فسوف يدور على نفسه دونما حاجة لمحرك يجعله مستمرا في الدوران ولا هو بحاجة الى مركز فيزيائي مثل المركز الذي لم يستطع« أرسطو » الاستغناء عنه . ولهذا لا يوجد مثل هذا المركز في علم الفلك الكوبرنيكي .

اذا كان « كوبرنيك « يضع الشمس في وسط الكون فهو لا يضعنا في مركز الحركات السماوية . ان مراكز الاجرام السماوية ليست داخل الشمس بل حولها . واذا كان عالم كوبرنيك مركزي الشمس فان علم الفلك عنده ليس كذلك مباشرة . فحركات الكواكب لا تتعلق بالشمس بل تتعلق بمركز مدار الأرض الذي هو خارج المركز بالنسبة الى الشمس Exentrique وهذا المركز في المدار الأرضي يدور بنفسه حول الشمس - وبصورة أدق أنه موضوع على مدار صغير Epicycle هو مركزه - ولكن حركته بطيئة جدا

- فالمدار يدور خلال 3434 سنة اما مركزه Déférent فيدور خلال 53000 سنة بحيث لا يظهر في الحساب عمليا . وينتج عن ذلك مفارقة هي ان الشمس في نظام الكون الكوبرنيكي تلعب دورا ضعيفا جدا . ان وظيفتها الرئيسية هي شيء آخر : فهي تنير الكون وتعطيه النور وهذه وظيفة مهمة جدا تفسر وتؤمن المكانة التي تحتلها الشمس في العالم . انها الأولى من حيث الشأن وهي المركز من حيث الموقع .فالشمس مركز الكون لأنها مصدر النور فضلا عن زيادة دقة الحساب وعلاوة على تجاوز تناقضات الفلاسفة والفلكيين .

4- ماهي قيمة فكر كوبرنيك ؟:

لم يكن كوبرنيك « عصريا » . وكونه ليس كون الفضاء اللامتناهي كما يقول علم الفيزياء الكلاسيكي .ان كونه له حدود مثل كون « ارسطو » . انه أكبر بكثير . كبير الى درجة انه لا يقاس . ولكن له نهاية ومحدود بكرة النجوم الثابتة . والشمس في مركزها . وحول الشمس تقوم المدارات التي تدعم وتحمل الكواكب .و هذه مدارات حقيقية مثل الكرات البلورية في علم الكون الوسيطي . وتدور المدارات بسبب شكلها وتحمل معها الأجرام التائهة المثبتة داخلها مثل الجواهر في عقدها ، منسجمة في حركاتها مع قوانين الميكانيكا السماوية المتحررة من الأخطاء التي أدخلها « بطليموس » .

تجاوز أثر نظرية كوبرنيك في مركزية الشمس حدود علم الفلك . لقد تحدى هذا العالم البولوني . هيبة الكنيسة في مسائل الفيزياء ومن هنا بدأ تاريخ تحرر العلوم الطبيعية من اللاهوت . وقد أحدثت نظرية كبرنيك تأثيرا كبيرا على تطور الفكر الفلسفي، وساعدت على تعميق النظرة المادية . العقلانية وتكون عقلانية علوم الطبيعة والتصور الحديث للكون .

في البداية اتسم موقف الكنيسة الكاثوليكية من نظرية كوبرنيك بالازدواجية . فالكنيسة ، المعنية باصلاح التقويم ، كما ادرك - أغلبية العلماء - ان كتاب كوبرنيك يوفر امكانية حساب حركة الكواكب بدقة تتجاوز دقة الحساب في منظومة أرسطو - بطليموس . ومن جهة اخرى ادرك معظم رجال اللاهوت تناقض نظرية كوبرنيك مع مجمل التصورات المسيحية عن العالم . ولذا انبرت الكنيسة للدفاع عن منظومة ارسطو - بطليموس ، لأنها تشكل احدى الدعائم الرئيسية لرؤيتها للعالم .

ان نظرية كوبرنيق ، بدحظها للتصور الحسي المباشر عن ثبات الارض وحركة الشمس ، قد دعمت وعمقت ، الايمان بمقدرة العقل الانساني على ادراك الحقيقة . وكانت التفاؤلية المعرفية ، التي امتدت الى العلم والفلسفة في عصر النهضة ، وراء ظهور العديد من الافكار الفيزيائية النابعة من نظرية كوبرنيك . ولكن كي يحدث هذا كان لا بد للعلم وللفلسفة ان يتخلصا ، قبل كل شيء ،

من خطأين أساسيين وقع فيهما كوبرنيك ، خطأين يعكسان قوة التصورات الدينية التقليدية ، المستندة الى منظومة ارسطو-بطليموس . أولا ، ان كوبرنيق - بالرغم من مشاهداته الفلكية ، التي أتاحت له التأكد من أن سماء النجوم الثابتة » واسعة بما لا يقارن مع حجم الارض ، وأن المسافة بين الارض وبينها كبيرة للغاية بالمقارنة مع المسافة بين الارض وبين الشمس - بالرغم من هذا فقد احتفظ ، من حيث المبدأ على النظرة السائدة عن محدودية الكون . ثانيا ، بالرغم من أن الارض ، تبع لنظرية كوبرنيك ، لم تعد مركز العالم ، فان مثل هذا المركز ظل باقيا . حيث حلت الشمس محل الارض ، لتصبح ، الآن ، مركزا للعالم . كما احتفظ كوبرنيك بآراء أرسطو في المدارات الدائرية المثالي لحركة الكواكب حول الشمس ، واضطر ، بالتالي ، للابقاء على عدد من (الدوائر الصغيرة) Epicycle، التي ترسمها الكواكب أثناء دورانها حول الشمس . .ان المعاصرين لكوبرنيك أوّلوا كتبه كعودة إلي الفيثاغورية على يد « بطليموس» جديد .يعبر عمل « كوبرنيك » عن رؤية كونية كما يعبر عن فكر علمي . وهذا ما يفسر ، الى حد ما بطء انتشار الكوبرنيكية .

لهذه المهمة ، مهمة دحض هذه الأطروحات النهائية للكون ، والاسهام ، بالتالي ، في تطوير ، رؤية لانهائية ولامحدوة للعالم تصدى المفكر الابطالي جوردانو برونو (١٥٤٨ -. . ١٦).

عقلانية علوم الطبيعة.

يستند الفكر العلمي الحديث الى أطروحات جوردانو برونو في مفهوم اللانهائية الكسمولوجية . ولقد تطور هذا المفهوم مع ڤاليلي ومع نيوتن في ما بعد وهو كسب معرفي غير نظرة الانسان الى الطبيعة والى مكانته فيها حيث بدأ تصور للانسان في مواجهة الطبيعة اللانهائية وهو الكائن النهائي والمحدود ولكنه الفاعل والعارف . إنّ هذا التصور هو أساس الحوار الجديد للانسان مع الطبيعة في العقلانية العلمية .

مفهوم الكون اللانهائي:جوردانو برونو

في تاريخ العلم والفلسفة لا يذكر إسم المفكر جوردانو برونو إلا جوتفريد لايبنتز وصديق ديكارت Arnaud رغم أنه مشيد مفهوم اللانهائي . ومن حسن الحظ لم يغب هذا الأمر على مبتكر الحساب اللأمتناهي لا يبنتز. إن الخوف من ما حصل لجوردانو يرونو يفسر هذا الإستعمال المتحمس لمفهوم اللانهائي (مع سبنوزا وديكارت) وتناسى إسم مبدعه العبقري جوردانو برونو خاصة وأن الكنيسة لم تكف عن تربصها بالعلماء .

في عصر النهضة وجد عمالقة في قوة الفكر ومن بين هؤلاء العمالقة يشغل جوردانو برونو مكانة الشرف . ولد في سنة 1548 تقريبا وتوفي في فيفري 1600 حرقا . كان جودانو برونو راهبا في الاخوية الدومينيكانية لكنه - تحت تاثير النزعة الانسانية humanisme، والفلسفة الطبيعية الايطالية ، ونظرية كوبرنيك - انفصل عن الكنيسة ، وترك سلك الرهبنة ، وفر الى فرنسا امضى برونو في الخارج اكثر من خمسة عشر عاما ، مدرسا متنقلا للفلسفة ما بين سويسرا وانكلترا وألمانيا ، حيث جلب له تدريسه الكثير من الخصوم من بين اللاهوتيين والسكولائيين وقد دفعه الحنين الى الوطن ليعود الى ايطاليا عام ١٥٩٢ ، حيث ما لبث ان وقع في ايدي محاكم التفتيش Inquisition ، التي

قـضت عليـه بالسـجن ثمـاني سنوات ثم احـرق بعـدهاعـلانيـة في سـاحـة [1] Campo di fioriيوم 16 فيفري 1600 .

كانت فلسفة جوردانو برونو ، اجمالا تدعو الى وحدة الوجود [2]. ومن نظرية وحدة الوجود يخلص جوردانو برونو إلى القول بلانهائية الطبيعة ولا نهـائيـة العـالم التي كـانت عند نيكولا ديكوزا Nicolas De Cues غامضة . فاللانهائية هي لانهائية الطبيعة والعوالم اذ توجد –حسب تصور كسمـولوجـيا جـوردانو برونو – شـمـوس اخرى ومنظومات اخرى ، ويعـتبـر جوردانو برونو ان الله كامل ولا نهائي ويستحيل عليـه ان يتـصف بالنقص فـالله كامل ولا نهائي وخلق عوالم لا نهـائيـة في الكون . ولم يكتف برونو ، في نظرته الى لا نهـائيـة الطبيـعة بتطور نزعة وحدة الـوجود ، فـحسب ، بل واقـتـرب ، عن وعي ، من آراء الاغـريقـيين الـقدامـى – ديمقـريطس ، وابيـقـور ، ولوكريتس والفيـثـاغـوريين – في لا نـهـائيـة المكان ، ولا نـهـائيـة عدد العوالم في الكون . وبذلك سفه حقائق الكنيسة .

---

1 E . Namet L'affaire Galilée ed la decouverte 1975-

«لـقــد قــرر تــسع من الـكرادلـة حكم الإعــدام علـى جــوردانو برونـو لأنـه :

1 يـقــرر أن الإنجـيـل مـغلـوط بقـولـه أن الـكون لانـهــائـي في كبيره وأنـه لانـهائـي في عدد عوالمه .

2 لأنـه عـنيـد ولـم يـثـب إلى رشده .

3 يـجـب أن يـعطـي بـه المثل لـكل هرطقة .

2 E . Namer Girdano Bruno ou L'univers infini comme fondement de la philosophie Moderne Paris 1966 Introduction

خلّص جوردانو برونو نظرية كوبرنيك من شوائب الكسمولوجيا المدرسية الارسطية حيث رفض قول كوبرنيك بمركزية الشمس في الكون ، مؤكدا انه لا وجود لمثل هذا المركز . ان كل كوكب ، او اية نقطة ، في الكون يمكن اي يعتبر ، من جهة الراصد الموجود فيه ، مركزا للكون .ولذا فان الشمس ليست مركزا مطلقا للكون بل هي مركز نسبي ، اي مركزا للمنظومة الشمسية فقط .

ان شمسنا ليست الوحيدة في العالم . و« سماء النجوم الثابتة » ، التي اعتبرها ارسطو وبطليموس ، والسكولائيون ، وكوبرنيك معهم ، السماء الاخيرة التي تحيط بالعالم ، ليست الا شموسا لعوالم اخرى ، تبعد عنا مسافات هائلة للغاية وليست الارض ، وحدها ، كوكبا « بسيطا » من جملة كواكب المجموعة الشمسية ،كما قال كوبرنك ، بل والشمس ايضا - نجم «بسيط » بين عدد لا نهائي من النجوم المماثلة . ان الكون غير محدود ، لا نهائي ، تماما كعدد العوالم التي فيه .و هكذا حطم برونو التصورات القديمة عن العالم المحدود والمغلق والفكر المغلق ، ليجعل الكون ممتدا الى ما لا نهاية . وقد كان برونو على صواب حين فسر عدم رؤيتنا لهذه الكواكب التابعة بالمسافات الهائلة التي تفصلها عنا ، وبأنها تغرق في بريق الاشعة النجمية .

جوهان كبلر : نظام الكون وتناسقه

لقد صاغ يوهان كبلر مفهوم النسق الفلكي إنطلاقا من ربط الأفلاك بعضها ببعض بعلاقات هندسية كمية . ودعّم نظرية كوبرنيك التي صاغت نسق العالم ككل ولكنها لم تنظر اليه كتنظيم لأنساق جزئية . فمع جوهان كبلر صار الكون أنساقا في أنساق . ويمكن عزل أجزائه وتنسيق حركتها مع بقية الأجزاء . فإضافة الى مفهوم اللانهائي يدمج كبلر مفهوم النسق في نظام مركزية الشمس الكوبرنيكي .

كيف توصل علم الفلك الى صياغة مفهوم النسق Systéme ؟ وكيف صاغ كبلر قوانينه الثلاثة التي ستكون اساس البحث الديناميكي النيوتوني ؟ بل ما هي علاقة علماء الفلك فيما بينهم وفي حوارهم مع النظام البطليموسي للكون ؟

يحاول جوهان كبلر الذي كان فلكيا ومنجما صياغة مفاهيم حركة الافلاك وخاصة الأرض حول الشمس رياضيا وانطلاقا من نظرية كوبرنيك وحسابات تيكو براهيه . وبصفة مختصرة يمكن ان نبين ان جوهان كبلر قد عكف على دراسة حركة الكواكب انطلاقا من نتائج براهي ومحاولة تفسير هذه الحركات على اساس نموذج كوبرنيك الذي كان كبلر قد درسه بالتفصيل وان يضفي الصيغة الرياضية على هذه الحركات وهو ما قامت به قوانين كبلر الثلاثة .

ان قوانين كبلر الثلاثة بسيطة في صياغتها ولكنها تلخص النظام الرياضي الكوبرنيكي لحركة الكون والملخص في المنظومة الشمسية . [3]

---

3 Gerard Simon : Kepler Astronome - Astrologue
Paris Gallimard 1981 .

1 - قوانين كبلر : الإشكاليات والمضمون .

القانون الأول : كل كوكب يدور حول الشمس في مدار هو قطع ناقص ، وتقع الشمس في إحدى بؤرتي هذا القطع .

يعني هذا القانون ان الكواكب تدور وفق مسار اهليلجي بيضوي حول الشمس . فلقد تخلى كبلر عن مفهوم الاستدارة والحركة الدائرية الكاملة والتي طالما دافع عنها ارسطو وبطليموس والفلاسفة الوسيطيين. ان كبلر يفتح مجالا هندسيا مطبقا على قضايا علم الفلك ويقترح نمذجة جديدة للكون انطلاقا من تدقيق عبر الرصد الفلكي .

القانون الثاني : نصف القطر الذي يصل الشمس بالكوكب ويدور مع الكوكب ، يغطي مساحات متساوية في ازمنة متساوية .

ان القانون الثاني لكبلر يبين مفهوم الفضاء الذي سيقوم نيوتن بتعميقه وكذلك يثير اشكالية الجاذبية كما ستطرح فيما بعد في الفكر الديناميكي عموما .و لما كان القانون الاول لكبلر وصفيا فان القانون الثاني وصفي ايضا ولكنه يثير اشكالية التفسير وربط هذه القوة التي تغير سرعة الافلاك بالفضاء والزمان .

القانون الثالث : بمقارنة الكواكب مع بعضها البعض ، فان مربع الدور (الزمن الدوري) لحركة الكوكب يتناسب طردا مع مكعب نصف المحور الرئيسي لمدار هذا الكوكب .

من الواضح ان هذا القانون الثالث يدشن على طريقته مفهوم الجاذبية الكونية الذي سيصوغه نيوتن ، وهو في نفس الوقت يبين ان الكون انساق

في انساق وبالتالي يمكن فصل اجزائه مع المحافظة على علاقاتها وفهمها وادراك قوانينها .

2- كبلر وتكون قوانينه الثلاثة .

ولد كبلر - جوهان كبلر Johannes Kepler في 27 جانفي سنة 1571 في ولدرستاد في مقاطعة ورتنبرغ . ودرس علم الفلك في توبنجن ، بالقرب من الكوبرنيكي «مستلين» . ولما اصبح جوهان كبلر الرياضي الاميري ، في ستيريا ، سنة 1594 ، نشر بعد ذلك بقليل كتابه الاول (برودروموس Prodromus) بتوبنجن سنة 1596 .

في الفصل الاول من كتابه برودروموس يبرز كبلر الاسباب العلمية المختلفة التي دعته الى ترك نظام بطليموس . مثلا ، ان افلاك التدوير بالنسبة الى السيارات العليا ، بحسب نظام بطليموس كانت ترى من الارض ضمن زاوية تساوي تماما الزاوية التي يرى من خلالها مدار الارض (كما كان كوبرنيك يتصوره) انطلاقا من كل من هذه السيارات . وهذا لا يمكن ان يكون من فعل المصادفة العفوية . اما فلك تدوير المشتري فيبدو بالتالي اصغر من فلك المرّيخ ، وفلك زحل يبدو اصغر ايضا في حين ان الموصلات تبدو في ترتيب معاكس من حيث الضخامة . وهذا امر لم يجد له تفسيرا في نظام بطليموس . وكذلك الامر بالنسبة الى كون مدة السيارات الدنيا على موصلها تتساوى مع مدة الشمس ، وكذلك الحال فيما خص واقعة ان الشمس والقمر لا يتراجعان على الاطلاق وبالعكس تصبح كل هذه الظاهرات اكيدة ان اتبع نظام كوبرنيك

Copernic . وحتى عندما يقترب كبلر في علاقاته من صياغة مفهوم النسق نسق الحركة ونسق الأفلاك . فانه يبقى كوبرنيكيا مقتنعا . وفي هذا تكمن فكرته الرئيسية المتجلية في كل عمله .

و من ثنايا كتاب «برودروموس» Prodromus يمكن ان نحفظ تصورا عبقريا يدل ، على الذوق السليم وعلى الاستعدادات الجيدة عند جوهان كبلر . وقد اهتم هذا الاخير باتمام عمل كوبرنيك حول المسافات النسبية للكواكب ، فتصور انه بين الكرات الست ذات المركز الواحد ، والتي وضع عليها كوبرنيك مدارات السيارات الست ، تدخل امتدادات السطوح المنتظمة ذات الاشكال الخمسة الممكنة . وهي كل متعدد يدخل ضمن كرة ، فيعتبر محيطا بالكرة الادنى . وهكذا يدخل المكعب ضمن كرة زحل ، ويحيط بكرة المشتري . وبعدها يأتي المجسم المربع الوجوه ، وشكل كرة الارض وذو العشرين وجها ، وكرة الزهرة والثمانيني واخيرا كرة عطارد .

و ظل كبلر لمدة طويلة متعلقا بهذه الفكرة الغريبة التي تستمد فقط قوتها من مصادفة عارضة ، هي وجود خمس مسافات وكذلك وجود خمس متعددات الوجوه المنتظمة . وفي الطبعة الثانية من كتاب برودروموس Prodromus ، سنة 1621 ، اي بعد اعلان القانون الثالث ، عاد جوهان كبلر الى عرضه الاول بعد ان صححه فقط بعدة ملاحظات . ويمكن هنا ان نرى فكرة اخرى توجه بحوثه اللاحقة ونوعا من الاعداد الغامض

للقانون الثالث وهو مفهوم المغنطيس [4] ، وهي فكرة غامضة سيوضحها نيوتن ويعوضها بمفهوم الجاذبية هذا البرهان القاطع على مهارته في الحساب الوصفي وفي التفسي ولكنه لم يصل إلى مبدإ العطالة .

صاغ كبلر اكتشافه الاول ، في برودروموس : هذا الاكتشاف هو خطط مدارات السيارات ، مدارات متجاورة وغير متداخلة ، تمر بالشمس . ونظرا لعدم وجود جداول واضحة بما فيه الكفاية ، ونظرا ايضا لعدم التحرر الكافي من تصورات بطليموس ، مرر كوبرنيك خطط المدارات بمركز مدار الارض ؛ فنتج عن ذلك تغييرات لا يمكن تفسيرها تتعلق بانحرافات السيارات الدنيا . هذا الخروج يزول ان مرت خطط المدارات بالشمس التي احس كبلر بدورها في حركات الكواكب (وكانت الفترات الاقصر بالنسبة الى السيارات الدنيا فقد دلت على ان الشمس لها تأثير اكبر في المسافة القصيرة) .

و الانحراف الثابت في خطط المدارات في فلك الابراج كان نتيجة اخرى مباشرة ، لما تقدم ، وقد اشار كبلر الى هذا في برودروموس : وهذا كان كافيا لابراز أهمية هذا الكتاب الصادر عن عالم عمره 25 سنة .

و بسبب مرسوم صدر ضد البروتستانت اضطر كبلر الى ترك غراز Graz ، وفتش عن ملاذ في براغ ، قرب الفلكي تيكوبراهي-Tycho Brahé الذي اصبح منجم الامبراطور رودولف الثاني ، وذلك في مارس سنة 1600 ، ومات تيكو بعد قليل من لقائهما اي قبل ان يتسبب

---

4. Alexandre Koyré : Etudes newtoniemes . Paris Gallimard 1968 P 211

التعارض في افكارهما حول نظام كوبرنيك ، في سوء العلاقة بينهما ولكن ، وهذا المكسب افاد منه العلم كثيرا .

استطاع كبلر ان يتصرف على هواه بالبحوث العظيمة التي وثقها تيكو براهي Tycho Brahé بحيث استطاع ان يتابع عمله في هندسة العالم : البحث عن علاقات قائمة بين اشعة المدارات النجومية ، وبين الاجرام الخارجة من مراكزها ، والحقب ، (وبالتالي السرعات في الزمن الفلكي) . ومن جهة اخرى ورث كبلر وظيفة الفلكي والرياضي في خدمة الامبراطور . واذا كان عليه من جراء هذا ان يقدم للبلاط التوقعات النجومية ، فلم ظهر عليه انه كان يكره هذا الامر او ان بحوثه قد تاثرت به . لقد كان كبلر عالما ومنجما على نفس القدر .[5]

و بذات الوقت ، تابع كبلر بحوثه الاساسية التي تستحق رسم مختصرها على الاقل واستعمل اعمال تيكوبراهي حول المرّيخ ، فتحقق من فارق مقداره 8 درجات بين المراكز المرصودة والمراكز المحسوبة على اسس المنحرفات عن مراكزها وافلاك التدوير [دائرة مركزها في محيط دائرة كبيرة] . والخطأ لم يكن ليعزي الى تيكو الذي اعترف كبلر له بالمواهب كمراقب ، فعمد الى مراجعة المدار الارضي على اساس ملاحظات تيكو . وقارن كبلر الملاحظات حول المرّيخ التي جرت وبينها 687 يوما من المسافة . ذلك ان 687 يوما هي مدة دوران المرّيخ حول الشمس ، والشعاع بين الشمس والمرّيخ هو اساس ثابت يمكن بالنسبة اليه تحديد المواقع المتتالية للارض . وبالامكان تكرار العملية بواسطة سلسلة اخرى

Gerard Simon op cit P .5

من العمليات المحققة دائما وبينها 687 يوما . وهكذا امكن تقرير النتيجة الاولى التي استخدمت كاساس لوضع القوانين الثلاثة الكبرى المسماة اليوم بقوانين كبلر : ان مدار الارض دائري (تقريب مرض جدا ، كما هو معروف ، نظرا لان الشمس واقعة على مسافة من المركز تساوي R. 0,018 . حيث R تدل على شعاع المدار . ان قيمة الخروج عن المركز المعتمدة من كل سابقي كبلر كانت اكبر بمرتين) .

و تصور كبلر ان الفعل المحرك الذي تحدثه الشمس على الارض يجري بشكل تماس مع المسار (فقد كان يجهل مبدأ العطالة[6] وهذه القوة، كما يقول تتناسب عكسيا مع المسافة (ST) ارض / شمس ، وكذلك حال سرعة الكواكب السيارة في مدارها ومن المعلوم ان هذا غير صحيح .

و يمكن ان نلاحظ ان الفرضيات البسيطية التي قال بها كبلر تجد مبررها في حالة المعارف السائدة في ذلك الحين : من جهة هناك ملاحظات تيكو تراهي ، التي مهما كانت فائدتها ، فانها قلما تجاوزت درجة الدقيقة في الزاوية ؛ ظرف مساعد لان اخطاء القياس كانت تخفي بالتالي شذوذات المسار التي تتسبب باالاختلالات . ومن جهة اخرى كان كبلر - وهو الرياضي الجيد ، الذي لم يكن قد استبق زمانه بخمسين سنة ليقارن المتناهيات الصغر - يعرف جيدا اعمال الاقدمين حول المخروطات . حتى ان انشتين قال بشأنه : « تدل اعمال كبلر ان المعرفة لا يمكن ان تنبثق

---

6 Allexandre Koyré . Etudes Newtoniennes Paris Gallémard 1968 P 15

عن التجربة وحدها : بل يتوجب معها المقارنة بين ما تصوره العقل وما لاحظه وراقبه »[7]

الى هذه الظروف التاريخية يضاف ايضا الفارق بين خروج مدار الارض عن محوره ، ولو ضعيفا ، وخروج مدار المرّيخ ، الاعنف والاقوى نسبيا . وبعد 1605 اصبح كبلر يمتلك قانون الحركة الاهليلجية . ونشرت الصيغ النهائية للقانونين الاولين بعد اربع سنوات في « استرونوميا نوفا في جويلية 1609 Astronomia Nova .

و بعد ذلك بكثير ، في 15أفريل 1618 ، اعلن كبلر عن القانون الثالث : نسبية مربع فترات السيارات مع مكعبات متوسطات بعدها عن الشمس . وهكذا تحقق ميل كبلر الى « تناسق العالم » وهو الميل الذي برز سابقا في « برودروموس » . ولكن بذات الوقت استكمل كبلر عمل كوبرنيك ، وتحرر من المفاهيم القديمة .و ربما كان في ذهن كبلر خليط ، ربما كان احيانا مشوشا ، من الافكار العميقة ، ومن الافكار الاقل ثباتا. ولكن اهمية عمله ، تقاس الى حد ما ، عندما نعرف اي دور لعبته القوانين الثلاثة في تكوين التركيب النيوتني . [8] في بناء نسق للعالم ، نسق دينامي سيهيمن لقرنين كاملي على صورة الكون في عقول العلماء

ان نشاط كبلر لم يقتصر مع ذلك على هذه البحوث ذات الصفة الرياضية الغالبة . فقد بقي حتى وفاته ، رغم المصاعب التي لقيها في

Albert Einstein Comment je vois le monde , Paris 7
Ed Flammarion 1971 p 180.
Ibid P 27 Et SS8

حياته ، مراقبا وملاحظا . وعند اتصاله بغاليليه ، درس المذنبات سنة 1618 .معترفا بطبيعتها السماوية (وكان البعض يرى فيها ظاهرة جوية كما درس البقع في الشمس . وفي اولم Uim ، حيث اضطر الى الالتجاء ، نشر سنة 1627 ، « طابولا رودولفينا » Tabulae Rudolphinae. ، اعترافا بفضل راعيه رودولف 2 . وتضمنت هذه الجداول التفصيلية لوائح بالوقائع عن الكواكب السيارة ، محسوبة على اساس القوانين الثلاثة . وقد « اهديت » الى جون نابيه John Napier ، لان استخدام اللوغاريتم سهل حسابها الى حد كبير . وبفضل هذه الجداول استطاع كبلر ان يتنبأ باحداثيات الكواكب السيارة : فمنذ 1629 ، اعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في 7 مارس سنة 1631 ، ومرور الزهرة في 4 جانفي 1639 و6 ديسمبر 1671

غاليليه والثورة الكوبرنكية

ان الهدف الاول من هذه الدراسة هو بيان العناصر الرئيسية لعمل غاليليه في الفيزياء عامة وخاصة . بدت حياة غاليليه بين 1610 و1613 خصبة بشكل خاص في علم الفلك . فقد اهتم بدرس السيارات . وبعد أفريل 1611 ، اي بعد مضي سنة على اكتشاف هذه السيارات اصبح بامكانه ان يميز بينها . وقد مكنه هذا من تتبع الحركة، وان يحدد بشكل تقريبي على الاقل ، زمن كل نجمة تابعة (وهي عملية دقيقة كان كبلر نفسه يعتقد باستحالتها) . نشير إلى ان غاليليه لم يكن يسترشد ، في هذا البحث ، بقانوني كبلر الاولين (لانه لم يؤمن بهما ابدا) . ان هذا الفلكي الراصد لم يكن يؤمن الا بارصاده الخاصة . وربما كان هناك ايضا بعض الإعتراض عند غاليلي ضد « استرونوميا نوفا » حيث اثقل كبلر نصه بتجاوزات عشوائية . وفرضيات مجازفة « إذ يستند إلى ميكانيكا الحياة اليومية . » / 1)

ان التحليل الذي قام به آ . كويري A. Koyré لكتاب : «موتوليبري X » De Motu Libri X لمؤلفه ف . بوناميكو F. Bonamico ، استاذ الفلسفة في بيزا Pisa ، يوم كان غاليليه يدرس فيها ، يتيح لنا فهم المناخ المشبع بالمدرسية ، والذي اكتسب فيه غاليليه العلم . كانت الديناميكا الأرسطية ونظرية الأنبيتوس

Impetus أي إنتقال الحركة من القاذف إلى الجسم المقذوف تهيمنان على تفسير حركة السقوط والرمي Jet . فالأجسام لا تحتوي على قوة ملازمة وخاصة بها . وهذا هو تكوين جاليلاي الأول . وكتبه الاولى ، وبصورة خاصة دراسة لكتاب « دي موتو » De Motu مكتوبة في بيزا بين 1589 و1591 ، تحمل أثرا واضحا لهذه الأرسطية المدرسية . أشار غاليليه الى الشبه ، بين الحديد البعيد عن النار ، والذي يعود بصورة تدريجية الى برودته الطبيعية وكذلك الى « الصفة الصوتية» التي يكتسبها الجرس المقروع ، والتي تنطفيء قليلا قليلا وكأنها تصادم الصمت الطبيعي للجرس ، ويعتبر غاليليه الحركة كقوة مطبوعة تضعف بصورة تدريجية في القذيفة التي انفصلت عن محركها . وهو جوهر الإنبيتوس . Impetus[9]

و لا يكفي ان نقول انه اعتمد لنشأة الكون صفات ومشابهات ضعيفة مأخوذة عن الفيزياء الأرسطية . وهذا الأخذ لم يحط من قيمته بل بالعكس رفع منها . ولكي يراجع أحكامه ويكون نظرة جديدة تجاه المصاعب وتجاه التناقضات لم يكتف غاليليه بتتبع ايحاءات عبقريته بل اضطر الى مقاومة التكوين العلمي الذي نشأ عليه . أي عقليته ذاتها . وكان عليه أن يحوّل عملية مجتمعه .

و كتابه « الحوار بين النظامين الرئيسين للعالم » ، نظام بطليموس Ptolémé ونظام كوبرنيك Copernic ، المنشور في فلورنسا

Ibid P 259

سنة 1632 يدل على اكتمال الطريق الفكر الذي اجتازه غاليليه . كتب هذا الكتاب باللغة الدارجة بحيث يفهمه جمهور واسع، وبالاسلوب الاجمل، اي بشكل حوار بين ثلاثة شخصيات اصبحت كلاسيكية : سمبليشيو Simplicio وهو حامل التراث وسالفياتي Salviati المصلح الحاد ، ثم ساغريدو Sagredo الرجل المثقف ذو الحس السليم المعتدل . ويهدف الكتاب بدون شك الى قياة القارىء عبر مساعي المؤلف ، لاقناعه بصورة جديدة للكون ومكانة جديدة للعقل فيه ولعملية التعقل ومكانة الإنسان . ولكنه لايسمح بقياس كل تجارب فكر ساع الى الحقيقة . وهذا لا يمكن ان يكون الا نتيجة دراسة طويلة تناولت مصادر ثقافة واسعة جدا من أرسطو وكوبرنيك وكبلر والإرث العربي الاسلامي . عبر مدرسة باريس التي إستوعبت الرشدية والسيفوية والحساب الجبري [10]

على لسان سمبليسيو Simplicio اكد المدرسيون : ان السبب في الحركة النازلة لاجزاء الارض ، كما يعلم الناس جميعا هي « الجاذبية» ويرد سالفياتي Salviati : انت تخطىء يا سمبليشيو Samplicio . عليك ان تقول : ما لا يجهله احد ، هو ان هذا السبب يسمى جاذبية . ولكن لا اسألك عن الاسم ، بل عن جوهر هذا الشيء . وباستثناء الاسم المفروض على هذا الشيء ، والذي اصبح مألوفا بالاستعمال ، نحن لا نفهم اي شيء عن هذا الشيء ، ولا عن القوة التي تجعل الحجر المقذوف نحو الاعلى ولاعن القوة التي تحرك القمر في مداره

---

10 انظر بياردوهيم Pierre Duhem <u>Le systeme du monde</u> tome 3 .

» . هل كـان غـاليليـه يشـك ، في هذا النص الذي يسـتـبق دراسـة ظواهر ذات جوانب بمثل هذا التنوع ، تربطها بنية واحدة الامر الذي شغل اساسا بحث نيوتن Newton ؛ الامر المؤكد هو ان غاليليه قد فهم مساوئ المنهج المتركز على الاسميـة وانه وجد الوسيلة في ابراز تناقضاته .كـان سمبليسيو Simplicio مـثل كل الناس في اواخـر القـرن السـادس عـشر يعتـقد انه اذا ثقبنا الكرة الارضيـة بحسب قطرها ، ورمـينا كرة في هذا الثقب ، فان الكرة تصل الى مركز الارض بموجب قـانون السقوط الى أسفل طبيعي داخل الارض فـاذا وصلت الى المركز فانها تتابع حركتـها . « ولكن سالفياتي Salviati أجابه ان الحركة وراء مـركز الارض ، الا تكون صـاعـدة ، وسندا لتـأكـيداتك فـي الحـرية التي ، تـكون عنيـفـة وضـد الطبيـعة ؟ وفـقا لاي مبدأ سوف تجعلها محكومة الا للمبدأ الذي يجعل الكرة تنزل نحو مركز الارض والتي تسميها انت داخلية وطبيعية ؟ » .

كان غاليليه يعرف اذا الفرق بين « الثقل » و« الخفة » وان سقوط الاجسام والحركة الصاعدة في القذائف المقذوفة نحو الاعلى يجب ان تفسر وفقا لذات القانون الاساسي . وتأرجحـات الرقاص ، وقـد تأمله كثـيرا ، دلتـه على ان الحـركـة نحـو الاعلى هي ردة فـعل مـعكوسـة للحـركـة نحـو الاسفل . فـضلا عن ذلك لقد دحض من مدة بعيدة الاطروحة الارسطية حول استـحـالة الفـراغ واكـد في كـتـاب « دي مـوتي » De Motu انـه فـي الفراغ يمك تبين حقيـقة سمات الثقل النوعي والحركة الحرة والسقوط الحرّ. واخـيرا وبعـد 1604 (في رسـالة الى بولوسـاربي) Paolo Sarpi

اكد قانون السقوط الحر الذي ظل يصارع قرنا حتى يقبل : ان المسافات المقطوعة في ازمنة متساوية هي مثل الاعداد المفردة بعيدة عن الوحدة . وتمسك قاليلاي بهذا القانون بناء على تجارب كررها مئة مرة كما قال فيما بعد في كتابه يسكورسي Discorsi الذي نشره في ليد Leyde، سنة 1638.

ان النتائج التجريبية أعطت قاليلي فكرة هذا القانون وعرف كيف يعزو الى مقاومة الهواء الانحرافات بالنسبة الى القانون المثالي اي الى قانون السقوط الحرفي الفراغ . وهي الحالة المثالية للمعادلة

$$x = 1:2\ g t^{2}$$

حيث x المسافة المقطوعة وg ثابت الجاذبية الذي لم يحدد كنهضة قاليلاي .

كانت مقاربة قاليلي لموضوع السقوط جديدة تماما ، وتتضمن عناصر ثورة علمية . لقد سبق لارسطو ان قطع بان الجسم الساقط تتسارع سرعته، ولكنه استسلم لتفسير سببي ونوعي بآن واحد : وقد جرى الأمر كذلك لأن المتحرك يجب ان يعود بأسرع ما يمكن الى مكانه الطبيعي. أما غاليليه فلم يطمئن الى التمييز بين الحركات الطبيعية ، الأرسطي ورفض الإعتراف بوجود « الاسباب الغامضة» والتي لا يمكن التحقق منها بالتجربة Sensate esperienze[11]. وشاهد الحركة المتسارعة في

---

11 Jean Toussaint Desanti : La philosophie silencieuse Paris ed du seuil 1975 - P 12

السقوط ، فأدرك قانون مسافاتها بحسب الزمن المنصرم واراد ان يعرف كيف يمكن استخلاص هذا القانون الكمي ، منطقيا ، من نسبة رياضية بسيطة . هناك فرق جذري بين التصور الأرخميدي لجاليليه والجوهرية الأرسطية لفكرة عصره القروسطى [12]

و لكن غاليليه امضى وقتا طويلا حتى اكتشف تماما هذه النسبة الرياضية البسيطة . ووضعها اولا بين السرعة وارتفاع السقوط الأمر الذي اقتضى جره الى قانون للمسافات مختلف تماما عن القانون الذي يتوجب عليه تبنيه . وان هو توصل الى هذا التبين فماذاك الا بعد اخطاء كثيرة . ولكنه كان على وعي بانه استطاع ان يدرك بصورة تدريجية التصحيحات الواجبة ، واستطاع ايضا ان يتخلص من تلقاء نفسه ، من مهزلة الاخطاء التي وقع فيها ، وتوصل الى حل نهائي وصحيح : ان السرعة تتزايد مثل الزمن ، وهي لا تكشف سبب الجاذبية الارضية ، ولكنها تميز كميا ، بحسب تعبيره هو ، « الاستعمال » البسيط جدا للطبيعة ، في الحركة العامودية للاجسام المقذوفة نحو الاسفل او نحو الاعلى . وهذا الاستعمال هو تسارع ثابت .

حركة المقذوفات – في حين عجز المدرسيون والميكانيكيون في القرن السادس عشر عن معالجة حركة القذائف بصورة كاملة ، استطاع غاليليه ان يحل هذه المشكلة بتحليل ممتاز ظهر من خلاله ، مع مبدأ العطالة ، مبدأ اندماج الحركات ، واستقلالية مفاعيل القوى . في إطار هندسي

Ibid P 10 sq12

وتجريبي[13]

و النص الاساسي بهذا الشأن ورد في « ديسكورسي » Discorsi .،فهو يؤكد ان جسما مقذوفا متحركا على سطح افقي، بغياب كل عائق ، يتابع حركته المنتظمة الى اللانهاية فيما لو كان السطح الأملس لا نهائيا إن هذا الإستناج هو خلاصة أجوار اليوم الثالث من كتاب قاليلي « قول في علمين جديدن »[14]. ولكن اذا كان السطح محدودا ، وعندما يتجاوز المتحرك الخاضع للجاذبية طرف السطح « فانه يضيف الى حركته الاولى الموحدة والمستمرة الشد نحو الاسفل »[15] الذي هو من فعل الجاذبية . من هنا تنشأ حركة مركبة من الحركة الافقية ومن الحركة المتسارعة النازلة ، ويبين غاليليه ان مسار القذيفة هو في واقعه وإذا أخذنا في تحليل مركباته نجده Parabole قطع مكافىء .

و يشير على لسان ساغريدو Sagredo ان التحليل يفترض ان تكون الحركتين المركبتين « بعد تلاطمهما لا تضير احداهما الاخرى ولا تصابان بالاضطراب ولا تحد احدهما الاخرى » . واشار ايضا على لسان سالفياتي Salviati بان مقاومة الهواء قد تغير المسار بالنسبة الى القذائف السريعة جدا مثل قذائف الاسلحة النارية . فواقعة الحركة واقعة

---

13 René Dugas : La mécanique au XVII Siecle. Suisse Neuchatel 1954 P 82

14 Galileo Galilei . Discours Concermant Deux Sciences Nouvelles.Armand colin 1970 (Trad Francaise de Maurice clouvelin) .

15 Ibid

معقدة تتعارض مبدأ التبسط وهي واقعة مركبة بها كل ما يعنيه المركب من تعارض مع البساطة والسذاجة العفوية التي تصبح إجماعا .

يجب ان نشير هنا الى مقدار تعلق مبدأ الاستقلال المتبادل بين الحركات بالصعوبات التي اثارها نظام كوبرنيك Copernic . فاذا كانت الارض تدور حول نفسها فكيف نفسر عدم بقاء القذائف ، والعصافير والسحب « متأخرة » ؟ هنا انحاز غاليليه بعزم الى التيار الفكري المتماسك لكوبرنيك ولكنه غير واضح . والتفسير المقبول الذي من شأنه ان يدحض الاعتراضات الارسطية ويفضح اوهام الحس السليم المزعوم . هذا التفسير هو ان الجسم الطائر في الفضاء الارضي يشارك في حركة الارض ، وان هذه الحركة موجودة في هذه الاجسام وكونها غير مرئية ، وهي بدون مفعول نسبي على الارض ، ولكنها موجودة بالتركيب مع كل حركة تقوم بها هذه الاجسام بالنسبة الى الارض .

و اذا كان مبدأ تركيب الحركات في استقلالها المتبادل قد وضع بوضوع وادرك بوضوح ، الى درجة انه لم يحتج فيما بعد الى تصحيح اساسي ، فان الامر يختلف بالنسبة الى قانون العطالة . وكما قال آكويري A. Koyré بحق «ان غاليليه لم يستطع تصور جسم محروم من جاذبيته .» [16] وبالضبط ومن اجل استبعاد مفعول هذه الجاذبية فان قاليلي مضطر الى وضع الجسم فوق سطح افقي .و مع ذلك فمن الملحوظ ان مفهوم « سطح افقي »، يتصور بعبارات تحمل معنى التجريدات الذهنية والبديهيات

---

16 Alexandre Koyré . Etudes newtoniennes ed Gallimard 1968 - PP . 17 - 31- 33- 210 Sq

المستقبلية . ولما كان دافع الحركة القصوى دافع يلغي فوق السطح الافقي الذي يمنع التقارب من « المركز المشترك الذي تنزع اليه الاشياء الثقيلة » . فالجسم الموضوع فوق سطح افقي « لا يتأثر بالحركة وبالسكون وليس له بذاته اي ميل للتحرك بأي اتجاه ، وليس له اية مقاومة ضد اية حركة » . هذه اللامبالاة تجعل من الجسم المتحرك محروما من اي سبب يجبره على التوقف او على تغيير حركته . وبهذا تبقى الحركة متسقة . نلاحظ أن كل التجارب رغم وحدتها لم تفرز مفهوم العطالة الواضح والجلي . وعلى العموم يثبت الحل الذي نادى به غاليليه بشأن حركة القذائف، مبادئ اساسية وصيغة تتضمن تطورات جديدة . فهي تمثل هذه الحركة وكأنها تتضمن بذاتها ، وبشكل عجيب الحركتين الابسط : الحركة الموحدة العارية من القوة ، والحركة متصاعدة السرعة حيث تعمل الجاذبية الارضية بتسارع ثابت . ولكن بالضبط لأن غاليليه قد اهتدى الى الحركة الموحدة بفعل حيلة من شأنها ان تستبعد فعل جاذبية الأرض، يستطع اطلاق قانون العطالة [17].

17, Maurice Clavelin : La philosophie naturelle de gallilée
op cit PP 353 - 354

قاليلي ، باعتباره كريستوف كولومب الكون والفيزياء الرياضية

لقد تغيرت الحدود الجغرافية للعالم القديم عندما اكتشف كريستوف كولومب القارة الأمريكية . وفي نفس الوقت تغيرت الجغرافيا السياسية للعالم بإنتقال العلم والتجارة من العالم العربي الإسلامي الى أوربا الوسيطة . وبعد اندلاع عصر النهضة الأوروبية كان على حدود الكون أن تتغير هي نفسها ولها كريستوف كولومب الفيزياء وعلم الفلك : قاليلي.

كان لاكتشافات غاليليه الفلكية ، التي قام بها بالاعتماد عليتلسكوب صنعه بنفسه ، دورها الكبير في انتصار نظرية كوبرنيك ، وافكار جوردانو برونو ، وفي الثورة العلمية للقرن 17 ونشأة الفلك العلمي ، بالتالي . لقد وجه غليليه منظاره نحو السماء فرأي « جبال » القمر و« وديانه» ، والتجمعات النجمية اللانهائية التي تشكل درب التبانه ، وأقمار المشتري الاربعة ، وكلف الشمس ، وغيرها . . وبفضل ذلك ذاع صيت غاليليه في أوروبا كلها ، وأطلق عليه اسم «كولومبوس السماء » . على نظير كريستوف كلومبس مكتشف العالم الجديد : أمريكا

بدت حياة غاليليه بين 1610 و1619 خصبة بشكل خاص في علم الفلك . فقد استم يدرس السيارات . وبعد ماي 1611 ، اي بعد مضي سنة على اكتشاف هذه السيارات اصبح بامكانه ان يميز بينها . وقد مكنه هذا من تتبع الحركة ، وان يحدد بشكل تقريبي على الاقل ، زمن كل نجمة تابعة (وهي عملية دقيقة كان كبلر نفسه يعتقد باستحالتها) . والملاحظ ان غاليليه لم يكن يسترشد ، في هذا البحث ، بقانوني كبلر الاولين (لانه لم يؤمن بهما ابدا) . ان هذا الفلكي الراصد لم يكن يؤمن الا بارصاده الخاصة . وربما كان هناك ايضا بعض عند غاليلي ضد «استرونوميا نوفا » حيث اثقل كبلر نصه بتجاوزات عشوائية.

ان ازمنة التوابع الاربعة ، صغيرة ، اقل من يومين بالنسبة الى الاقرب وما يقارب 17 يوما بالنسبة الى الابعد عن النجمة المتبوعة . ووضع غاليليه الجداول الاولى حول حركاتها الوسطى بأمل استخدامها في التنبؤ بوضع النظام في تاريخ الجدول الزمني . وبالتالي التنبؤ بكسوفات التوابع . ولكن التحديد الصحيح لهذه الجداول ، وقد ادرك غاليليه ذلك، كان يقتضي الرصد طيلة زمن يعادل الزمن اليومي (السيدرالي) للمشتري ، حتى تمكن مقارنة الاتصالات الحادثة عندما يكون الكوكب قد عاد الى نفس الوضع ضمن مداره . وتسللت ارصاد غاليليه بين 1610 و 1619 فغطت بالتالي فترة لم تكن كافية لاكمال المهمة على احسن وجه . وكانت هناك صعوبة اخرى كمنت في عجز المنظار عن تحديد المسافات : كان غاليليه يربط مسطرة مدرجة فوق انبوب المنظار ويرصدها بعينه

اليسرى في حين كانت العين اليمنى فوق جهاز الرصد . ذلك كان حال مقياس الجزئيات ميكرومتر الوحيد الممكن التحقيق بواسطة جهاز الرصد المتعرج . ومع ذلك ، وانطلاقا من معطيات جمعت ضمن هذه الشروط حدد غاليليه عناصر مدارات التوابع ، قاصرا الرصودات على مركز الشمس حتى يتخلص من كل الشذوذات التي تعزي الى الحركة النسبية في الارض في علاقتها مع المشتري . إن مفهومي النسبية [18] والهندسة هما اللذان مكنا قاليلاي من تأسيس علم الفلك العلمي .

اذا كانت اكتشافات غاليليه ، وقد جاءت بعد بعد قانوني كبلر ، قد قدمت براهين حاسمة لصالح الافكار الكوبرنيكية ، فان المناهضات النهائية لم تكن الا لتزداد حدة . كما هو طبيعي تماما .

في سنة 1616 ، اعلن « المكتب المقدس » كذب وكفر الرأي الذي يجعل الشمس في مركز الكون . وبعد ذلك بقليل . وجوابا على معارضين نشر غاليليه « الساجياتور » Saggiatore (1623) ، تحفة من روائع المناظرة . وكان في نفس أهمية نشر كتابه « حوار = ديالوغو » (1632) : اذيلخص غاليليه فيه فلسفته ، في معارضتة لفلسفة ارسطو . ودون ان يهتم بتعقيد حركات السيارات (استمر يتجاهل اهمية اعمال كبلر) عرض افكاره حول نظام العالم ، وبدا ميكانيكه وكأنه التتمة الضرورية للنظام الكوبرنيكي . انه يحضر التركيب النيوتني، انما دون ان يخطر بباله ان حركة السيارات وحركة القذائف قد توصف

---

18 Maurice Clavelin la philosophie naturelle de Gallilée op cit P 253 .

ضمن نفس القانون رغم وعيه لعلاقة السرعة بالقوة [19].

و قد جاءت اكتشافات غاليليه ، وخصوصا أقمار المشتري ، برهانا واضحا على صحته نظرية كوبرنيك في مركزية الشمس . وكانت مشاهداته لضواهر القمر ، وكلف الشمس ، دعما لرأي برونو في التجانس الفزيائي بين الأرض والسماء . أما اكتشافه التركيب النجمي لدرب التبانة فكانت برهانا غير مباشر على لا نهائية العوالم في الكون .

هذه الاكتشافات العلمية وضعت بداية الصراع الحاد ، الذي خاضه غاليليه ضد السكولائيين واللاهوتيين ومنظومة الكوسموفيزياء أرسطو - بطليموس .

كانت الفيزياء السكولائية ، السائدة قبل عقلانية الفيزياء العلمية ، والقائمة على المشاهدات السطحية والحسابات التأملية ، محشوة بركام من التصورات حول الاشياء وفقا لـ « طبيعتها » وهدفها ، وحول طبيعة ثقل الاجسام وخفتها ، و« خوف الخلاء » ، وكما الحركة الدائرية ، وغيرها من التصورات غير العلمية ، المتداخلة مع المعتقدات الفلسفية والاساطير الانجيلية . وقد قام غاليليه ، بعد عدد من التجارب الرائعة ، بتهديم هذه التصورات ، ووضع علما جديدا بل فتح قارة في العلم هي قارة الفيزياء مثلما فتح فيثاغور وطاليس واقليدس قارة الرياضيات . وقد توصل غاليليه في ابحاثه الى عدد من القوانين الاساسية في العلم الفيزيائي : تناسب المسافة التي يقطعها الجسم الساقط مع مربع زمن

---

19 Maurice clavelin la philosophie Naturelle de Gallilée . op . cit P 362 et sq .

سقوطه ، وتساوي سرعات الاجسام الساقطة سقوطا حرا في الخلاء بغض النظر عن أوزانها (على النقيض من رأي أرسطو والسكولائيين في أن سرعة السقوط تتناسب مع الوزن) ، وحفظ الحركة المستقيمة المنتظمة لجسم ، طالما لم تؤثر فيه قوة خارجية توقف حركته (قانون العطالة) ، وتركيب السرعات والنسق العطالي [20] رغم كل تناقضات الخطاب العلمي القاليلي [21]

لقد كان لقوانين الفيزياء ، التي وضعها غاليليه ، ولقوانين حركة الكواكب حول الشمس ، التي صاغها يوحنا كبلر (١٥٧١- ١٦٣٠) ، قيمة فلسفية بالغة الاهمية . إن استخدام غاليليه لقوانين للبرهان على نظرية كوبرنيك التي كانت ما تزال غامضة وغير مفهومة لمعظم الناس ، غير المطلعين على هذه القوانين كانت مجازفة خطرة . على سبيل المثال يبدو بديهيا للغاية - من وجهة نظر « العقل السليم » - انه اثناء دوران الارض في الخلاء الكوني يتشكل اعصار قوى ، يجرف كل ما على سطحها . وكانت هذه احدى الحجج « القوية » ضد نظرية كوبرنيك . غير ان غاليليه برهن ان الحركة المنتظمة للاجسام لا تؤثر بتاتا على العمليات ، الجارية على سطحها . فعلى سطح سفينة متحركة حركة منتظمة يتم سقوط الاجسام ، تماما كما لو كانت السفينة ثابتة . ولذا فانه من غير الممكن ملاحظة الحركة المستقيمة والمنتظمة للارض من الارض ذاتها .

صاغ غاليليه أفكاره كلها في « حوار حول المنظومتين الاساسيتين

---

20 Ibid PP 253 - 270

21 Ibid P 273

للعالم - البطليموسية والكوبرنيكية » (١٦٣٢) . وقد قدم في هذا الحوار البرهان العلمي على صحة نظرية كوبرنيك . وكان هذا الكتاب سببا في اتهام الكنيسة الكاثوليكية له بالخروج على تعاليم « الكتاب المقدس » مثل غاليليه بسببه أمام محكمة التفتيش ، حيث جرت في الثالث عشر من فيفري عام ١٦٣٣ محاكمته الشهيرة ، التي اضطر فيها - شكليا - للتبرؤ من « ضلالاته وأوهامه » . وترديد « رغم انها تدور » ، صحيح ان الكنيسة استطاعت تحريم نشر كتاب غاليليه ، لكنه لم يكن بوسعها بعد الآن منع أفكار كوبرنيك ، وبرونو ، وغاليليه ، من أن تنتشر ، وتنتصر . لقد أصبحت مؤسسة العلم قائمة بذاتها لها سلطانها هو سلطان العقل اللّوقوس بالمعنى اليوناني بعد أن قام بتحطيم الكوسموس (الكون) الأرسطي .

من الكسموس الى العالم اللا متناهي

تتأسس ميكانيكا ارسطو وفيزيائه عامة على كسمولوجيا اي على نظرية للكون محورها فكرة الكسموس Cosmos وهو ما يتوضّح لنا اكثر اذا ما حاولنا تتبع المنظومة الفيزيائية الارسّطية في مختلف تدرجاتها ذلك أيضا ما يركز عليه عديد الباحثين أمثال موريس كلافلان 1) Maurice Clavelin 1 وألكسندر كـويـر2) Alexandre Koyré 2

فالكسموس بما هو البنية الثابتة للعالم يعني اليقين بأنه ليس ثمة فوضى Chaos في الأشياء . وهذه الأشياء طبيعية أو مطابقة لنظام الطبيعة بما هو نشوء وتكون وفساد . ولكنه يعني من جهة اخرى ان العالم هو كل منظم يشغل فيه كل جسم مكانه الطبيعي وهو أيضا متناه دائري ومركزي الارض Géo-centrique يحوز مركزا ثابتا يتمثل في الأرض.

و مركز الأرض الثابت تتحدد بالنسبة اليه الحركة الموضعية بأنواعها الطبيعية الثلاث وهو ما يدل على أن التصور الكسمولوجي يقدم في الفيزياء الارسطية شرط امكان الحركة ذاتها ويحدد ايضا اختلاف خاصيات الحركة وبالتالي يفسر لنا ذلك التمايز النوعي ما بين العالم العلوي (عالم الأفلاك) والعالم السفلي (عالم الكون والفساد في الكسموس الارسطي .

لقد كان أرسطو ينظر الى الكون كنظام من كرات متحدة المركز وهذا المركز تحتله الأرض الثابتة وتتراتب حولها مناطق الماء والهواء والنار وبعد ذلك تأتي الكرات التي توجد تحت القمر فالشمس فالكواكب الخمسة المعروفة آنذاك وهي عطارد ، الزهرة ، المريخ ، المشتري وزحل.ووراء ذلك اخيرا يأتي دور كرة النجوم الثابتة وكرة المحرك الأول وهي مناطق ما فوق القمر حيث يكون عنصر الاثير قابلا للفساد ، والقاسم الحركي المشترك لهذه الافلاك او الكرات التي تتحرك دائريا حول الأرض باعتبارها المركز الثابت .

ان هذا التصور الارسطي للعالم يفضي بالضرورة الى القول بتناهي

العالم لأن الاقرار باللاتناهي هو دلالة على النقص وليس على الكمال وبما أن الكون كمال فهو ملاء ولهذا الأمر رفض ارسطو فكرة الفراغ في الطبيعة اذا الاقرار بالفراغ يؤدي بنا الى الاقرار بلاتناهي الحركة ولما كان اللاتناهي يتعارض مع فكر الكسموس المنظم وجب اذن التخلي عنه .

ان هذا التصور الكسمولوجي المتماسك منطقيا بما هو الاطار الفكري للمكانيكا الارسطية سوف يشهد تزعزع كيانه منذ الوهلة التي اعلن فيها نيكولاي كوبرنيك عن نظامه الجديد للكون سنة 1543 وهي السنة التي نشر فيها كوبرنيك مؤلف « De la révolution des orbes celestes» تاريخا حاسما يعلن عن بداية تحديث الفكر العلمي . ذلك أن انتصاب الشمس في عالم كوبرنيك كمركز للكون وتتحرك حولها بقية الأفلاك والالقاء بالأرض لتصبح مجرد كوكب من بين الكواكب الاخرى قد حطم نظام مركزية الأرض الارسطي الذي يمثل كل شيء فيه وكأنه متمركز حول الانسان ومخلوق له حيث تكون الأرض مركز الكون والإنسان مركز المدينة الإغريقية بما هي مركز العالم . والكون مشابه للإنسان إنه حيوان كبير Macro-Cosme أحدثت الثورة الكوبرنيكية القاليلية انقلابا أو بالاحرى صدمة بالمعنى القرويدي للانسان . فما انفك الإنسان يتخيل ذاته في التصور الارسطي للكسموس سيد الكون .لقد صدم الانسان بحقيقته التي لا تتجاوز كونه جزء من الكون وليس مركزا له . لقد اصبحت فكرة دوران الارض - وهي التي تمثل خطوة حاسمة نحو توحيد الفضاء وعالم ما تحت القهر وعالم مافوق القمر -

فكرة واضحة مطابقة للأرصاد الفلكية مثلما تؤكده ردود كوبرنيك على اعتراضات بطليموس بخصوص حركة الأرض وهي اعتراضات تشمل أرسطو.

فلقد كان أحد هذه الاعتراضات يذهب الى أنه لو كانت الأرض تدور حول محورها مرة في اليوم فستنشأ عن ذلك ريح عاتية تهب من الشرق الى الغرب بحيث ان الطير الذي يغادر عشه لا يستطيع الرجوع اليه لشدتها وقد بين كوبرنيك ان لاريح تحدث لهذا السبب لأن الهواء يدور مع الأرض . والاعتراض الثاني الذي وجهه بطليموس هو أن دوران الأرض السريع سيؤدي الى تحطيم كل شيء واندفاعه الى الفضاء ويرد كوبرنيك على ذلك بأنه اذا كان دوران النجوم الظاهري دورانا حقيقيا لتعرضت كرة النجوم الثابتة للتحطيم قبل الارض وبدرجة أشد لأن محيطها اكبر من الارض وسعتهاأكبر من سرعة الارض . والاعتراض الثالث كان يقول بأن الأرض لا تتحرك في الفضاء لأنها لو تحركت فعلا لتغيرت مواقع النجوم بالنسبة لبعضها كما نراها من الأرض ، ولكن لم يشاهد أحد هذا التغير .

فشكل السماء باق هو هو مما يدفعنا الى الإقرار بأن الأرض ثابتة ولقد رد كوبرنيك على هذا الاعتراض بالبرهان على أن النجوم بعيدة عنا بعدا شاسعا جدا بحيث ان حركة الأرض في مدارها ضئيلة بالنسبة لتلك الأبعاد ولذلك لا تظهر أية حركة نسبية للنجوم . ان هذه الردود الكوبرنيكية تدل على ارادة عميقة في البرهنة العلمية على دوران الأرض

حول محورها وحول الشمس وهي ردود لا يحب التغافل عن مظاهر الجدة والثورية التي تحملها ذلك أن تردد كوبرنيك ذاته في نشر كتابه عدة سنوات لكفيل بأن يفسر لنا هذه الجدة والصعوبات التي واجهها في تحطيم بنية الكسموس الارسطي المتفاضل . وبالرغم من أن عالم كوبرنيك لا يزال متناهيا Fini محاط بكرة النجوم الثابتة وتحتل الشمس مركزه وبالرغم من أن التوحيد الكوبرنيكي للفضاء ليس كاملا باعتباره لا يزال يقر بفكرة المركز فان ذلك لا يجب ان يجعلنا ننتقص من دور كوبرنيك وأهميته وهو الذي يقرّر من جهة اخرى ان عالم النجوم الثابتة غير قابل للقياس نظرا لفخامته واتّساعه . بل لعل ذلك يفسر مثلما يوضح كويري صعوبة لانتقال دفعة واحدة من الكون المغلق الى العالم اللا متناهي فيكون بذلك كوبرنيك قد سهّل عملية الانتقال هذه من الفضاء الهمجي الى الفضاء الهندسي ومن الفضاء المغلق والنهائي الى الفضاء اللانهائي . وبالتالي عملية التوحيد الكامل للفضاء .يقول كويري : « ومهما يكن امر عدم اكتمال علم الفلك الكوبرنيكي من وجهة النظر الميكانيكية والفيزيائية الا انها حددت هوية البنية الفيزيائية لأرض وتلك الخاصة بالنجوم السماوية . »[22]

ان مظاهرالتحديث الكوسمولوجي الكوبرنيكي وتحطيم الكسموس الارسطي تتجلى جيدا مع جهود جوردانو برونو الذي أقر على ضوء النظام الكوبرنيكي الجديد بلاتناهي العالم ووهمية التصور الارسطي لفضاء مغلق

---

22 Alexandre Koyré . Etudes d'histoires de la pensée scientifique . P . 55

وعلم واحد وانه بهذا الاقرار باللاتناهي قد كان متقدما على فكر عصره رغم انه كعالم يعتبر متأخرا على علم عصره . فلقد ازاح برونو الأرض والشمس عن ان يكونا مركز للكون مبينا أن الفضاء اللامتناهي لا يمكن أن يحوز مركزا او محيطا ولقد كانت هذه الأفكار الثورية كافية لتحريك سواكن الكنيسة ضده فتحكم عليه بالاحراق وهو ما يؤكد مرة أخرى بأن انجازات الثورة الكوبرنيكية في الفيزياء والفلك قد تكبدت صعوبات ومشاق جمة بحيث أن ملاحظة الكسندر كويري تغد وموضحة لهذا الأمر عندما يقول : « إن ما كان على واضعي العلم الحديث ، ومنهم غاليلي ، أن يصنعوه ليس نقد بعض النظريات الخاطئة ومقاومتها بغية تصحيحها واستبدالها بنظريات أفضل بل كان عليهم أن يقوموا بأمر مغاير تماما . لقد كان عليهم أن يقوضوا علما وأن يعوضوه بآخر . لقد كان عليهم أن يجددوا بنية عقلنا نفسه ، فيعيدون صياغة مفاهيمه ويراجعونها ويتصورون الوجودعلى نحو جديد ويبلورون مفهوما جديدا للمعرفة ومفهوما جديدا للعلم بل كان عليهم أن يستبدلوا موقفا إلى حد ما طبيعيا ، هو موقف الحس المشترك بموقف آخر لا علاقة له البتة بالموقف الطبيعي.[23] »

انها حقا خطوة حاسمة . اذ أن الجدة التي يحملها تصور كوبرنيك التوحيدي ومركزي الشمس للكون والتصور اللانهائي لكون (بل أكوان) جوردانو برونو ستحوز دلالتها العلمية الفائقة منذ اللحظة التي ابتكر فيها قاليلي التلسكوب ليوجه رؤييته عبر عدسته نحو عالم الأفلاك والنجوم

Alexandre Koyre Etudes D'histoire de la pensée 23 Scientefique Paris Gallimard , 1973 , P 171.

.فاذا بالمحدودية الارسطية للكون امتداد مكاني في عالم قاليلي الشاسع واذا بالتفاضل ما بين العالم العلوي عالم الأزل والعالم السفلي عالم الكون والفساد. وهذه الثورة لن يعبر عنها بأعمق من تلك العنونة التي اختارها الكسندر كويري لكتابه « من العالم المغلق الى الكون اللامتناهي »[24].

لم يشاهد هذا العالم قبل قاليلاي انسان قط وأفكاره لم يحزها اي كان من قبل. إن الجاليلية منعطف رئيسي غير مشروط في البحث العلمي ذاته . وقدم قاليلي لعلم الفلك المعطيات التقنية التجريبية التي لم ينلها الى حدود زمانه بابداع التلسكوب او المنظار الفلكي . أصبحت فكرة الاختلاف الانطولوجي ما بين الأرض والأجسام العلوية الأرسطية عائقا الى جانب الأطروحات الأساسية لنظام الكسموس ونظرية العناصر وثبات الأرض في مركز العالم وكل مؤرخ الا ويشير الى انه لو تحطمت هذه الفكرة لتداعي كامل البناء النسقي الارسطي .

و بالفعل فمنذ خريف 1620جمع قاليلي الى صفه علماء الفلك والرياضيات بايطاليا وأوروبا وأدلاهم بنتائج فأرصاده ونظرياته «مبينا أن كل واحد يستطيع التأكد بأن مساحة القمر ليست ملساء وليست مصقولة وكاملة التكوّر مثلما ارتآه أرسطو ولكنها غير متساوية، وعلى غرار مساحة الارض فان مساحة القمر مكسوة بنتؤات ضخمة

Alexandre Koyré Du monde clos à l'univers infini 24
et Gallimard , 1962 .

وبانخفاضات وهوات عميقة » .[25] وكانت تلك خطوة أولي حاسمة إعتمدت اجراءات تجريبية Pkrotocole expérimental لتحطيم الكسمولوجيا التقليدية . وحتى يصبح التوحيد وحيدا ينسحب عليه ما ينسحب علي الارض وعلى السماء كان لزاما انكار النموذج البيولوجي العضوي والإصطناعي الأرسطي بغائيته وظواهر الكون والفساد .

وفضلا عن هذه المسلمات يقر أرسطو ، بوجود فرق أساسي بين مادة الأرض ومادة السماء فاذا كانت الموجودات الواقعة تحت فلك القمر تتألف من العناصر الأربعة التراب والماء والهواء والنار فان السماء تتكون من عنصر آخر أنقي هو الجوهر الخامس وهو الأثير L'éther[26] . واذا كانت الأجرام السماوية أبدية لا تفسد أي لا تزيد ولا تنقص ولا تقف حركتها لشرف عنصرها اي الاثير فان الاجسام الارضية قابلة للكون والفساد .

بل إن ارسطو يستمر في اضفاء نظام تفاضلي حتى بين العناصر الارضية ذاتها فهو يرتبها كالآتي 1) نار ،2) هواء ،3) الماء ، 4) التراب وهو كذلك يقيم تراتبا تفاضليا بين الاجسام العلوية اذ أنها كلما ابتعدت عن مركز الكون الا وآزدادت الاجسام السماوية كمالا ، فالقمر أقلها كمالا وكرة النجوم الثابتة كاملة تماما والمحرك الاول اكملها . ا و

---

25 وردالإستشهادفي كتاب Clauelin وهو من كتاب Siderlus mencius PP 59 - 60

26 لقد ظلت فرضية الاثر ملازمة لفيزياء نيوتن و لم يقع تجاوزها الا مع الفيزياء الأينشتاينيّة .

هذه التراتبات التفاضلية هي التي مكنت ملاحظات قاليلي التلسكوبية من دحضها عند إختبارها . فمنذ الشهور الاخيرة لسنة 1610 لاحظ قاليلي على مساحة الشمس بروز نقاط مظلمة وقد تمت ملاحظات وقتية كامل سنة 1611 مكنت من تقرير واضح لوجودها والتأكيد على أنها ليست أوهاما بصرية بل تؤكد جيدا وجود كائنات مادية محددة . ان هذه البقع التي نشر حولها قاليلي « رسائله عن البقع الشمسية » سنة 1613 وأيد فيها آراء كوبرنيك صراحة تبين أنها أعراض فلكية بسيطة ناتجة عن دوران الشمس حول نفسها وإذن فهي تؤكد أن الأفلاك العلوية ليست أسمى ولا أفضل من الأرضية وفق مبدإ الحركة والسكون بل أنها هي الأخرى تعرف ظواهر عرضية . ولكن أهمية تلسكوب قاليلي لم تتوقف عند هذا الحد إنّها تجاوزته الى اطروحة مركزية الأرض التي ركزت عليها الكسمولوجيا الأرسطية لكي تبرّر رفضها وضع الأرض في صف الأفلاك والكواكب وصفة المركزية .

فلقد كان التصور الأرسطي يشدد على وجود اختلاف بين الأجسام العلوية التي تحوز على خاصية الأشعاعية او الاضاءة وبين الأرض المظلمة ولقد مد التلسكوب جاليلاي بالصورة المتجددة التي حملها عن السماء ومكنه من بيان بطلان هذا الحكم المسبق الذي لا يرتكز الا على ملاحظة مباشرة غير مؤسسة منهجيا[27] وتمكن من ربط أكثر للأرض بالأفلاك الأخرى . فالملاحظة المنهجية لكوكب الزهرة Venus مكنت من إقصاء

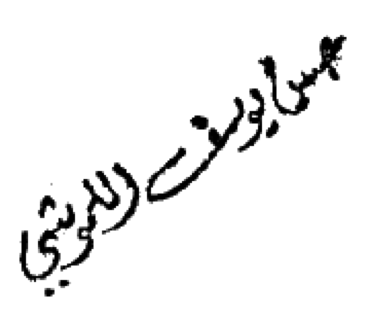
27. Maurice Calvelin op cit PP 197 - 198

كل فكرة عن خاصية اشعاعية خاصة بالأفلاك العلوية . فوفق ملاحظات قاليلاي الذي ظل يرصد مسارها من يوم لآخر - في اكتوبر 1610 - نحو الشرق يبدو كوكب الزهرة في شكل قرص مستدير وذو بعد صغير وان وجود هذه التقلبات يعني بدون شك ان كوكب الزهرةيدور حول الشمس ومن خلال دورانه ذاك تتحدد خاصيته الاشعاعية . وبذلك تتأكد وجهة نظر قبلها كل فلكيتي النصف الثاني من القرن 16 وتتأيد بصفة قطعية نظرية كوبرنيك التي توقعت نفس الأمر اذ كيف يمكن لكوكب مضيء بذاته ان يختفي لمدة شهور عن الملاحظة او ان تحجب أجزاء مساحته ان لم يكن ذلك يفسر بدوران ذلك الفلك حول الشمس وتقبله لخاصية الإضاءة تلك منها وينطبق هذا الأمر أيضا على الأفلاك الاخرى فهي لا تمتلك اشعاعا الا لكونها مضاءة من الشمس بل أن قاليلي يخطو خطوة أبعد من ذلك حينما يؤكد ان الأرض ليست أقل قابلية من جانبها لأن تعكس نور الشمس وتنشره في الفضاء فاذا بها نتيجة لكل هذه الاكتشافات العلمية تتحول الى كوكبا من بين الكواكب الأخرى تتركب من نفس المواد المكونة لسائر الأفلاك تتصف بنفس خصائصها . هذه العمليّة هي ما يسميها كلا فلان وكويري توحيد الكون أو[28] عملية تجانس مع الكون Homogénisation

و يقر قاليلي بأن سلب خاصية الاضاءة الذاتية عن الافلاك لا ينطبق على النجوم الثابتة التي بما أنها توجد بعيدة جدا عن هذه الافلاك فانها لا تفقد اي شيء من اشعاعيتها ،زعزعت هذه الاكتشافات الضخمة

28. Maurice Clavelin op - cit P 188

التصور الوسيطي للكون . كما امست الكسمولوجيا الأرسطية والبطليموسية في حرج من جراء كشوفات قاليلي التي تخطو خطوة أخرى باتجاه توحيد أعمق لأجزاء العالم .لكاننّا بالفكر العلمي يثأر من اللاتجانس والانغلاق الذين طالما اعتبرا بديهيان لكي يؤول الى تجانس وتناغم كلي هندسي . فاذا به يقصي بصفة حازمة كل محاولة للتراتب الانطولوجي واذا به يحطم الكسموس الارسطي ليتحول من انطلاق وتحديد الى انفتاح لا محدد ويصبح عدد الأفلاك والنجوم غير قابل لأن تحصي والعالم ذاته غير قابل لأن يحدد .[29] فالرفض أو الدحض القاليلي لم يكن مؤسسا على مجادلات « نظرية » إنه يستعمل جسم الأدوات والحسابات الضرورية إنه حوار علمي .مع الثورة القاليلية يبدأ رسميا حوار العلماء ويحتل موضع حوار الفلاسفة :إنه حوار العلم الميكانيكي .



Ibid P 198 - 199[29]

صورة الكون الجديدة.

ان التحولات الكوسومولوجية في تصور الكون هي التي ستسمح لقاليلي بأن يرفض فكرة مركز للكون باعتبا رتهافت هذه الفكرة التجريبي والمنطقي سواء كان المركز ، الشمس او الأرض ، وتحطيمها سيمكن قاليلي وأنصاره من القضاء على عدم الاقرار بالتجانس الكلي لأجزاء العالم ، وهو الذي سيخول له أيضا وعلى نقيض أرسطو التخلي عن القول بالاقتران الضروري بين فكرة النظام Ordre وفكرة التناهي فليس هناك في ضرورة النظام ما يستدعي تناهي العالم بل انه بتضاعف عدد النجوم الثابتة وباكتشاف ترتيبها في مسافات بعيدة جدا الواحدة عن الاخرى كانت مؤشرات التلسكوب ونتائج استكشافاته تقتضي أن نعين للسماء أبعاد لا حصر لها وعمقا كبيرا جدا . ولذلك كان الحل الذي يقدّمه قاليلي حول مسألة تناهي العالم هو حلّ حذر نسبيا اذ رغم ميله للإقرار باللاتناهي فانه حسم المسألة بأن بين ان العالم لا محدود وليس مرهونا بالتناهي أو اللاّتناهي ليكون منظما . وإن التخلي عن تمايز الأرض والسماء تحوّل بتجربة علم الأرض معيارا لما يمكن أن يوجد ويحدث في عالم الأفلاك « فهي تعين الطريق الذي سيتبعه العلم الكلاسيكي »[1]

فالوضع التقني الجديد للملاحظة والتلسكوب كأداة بحث علمي يمكنان من اليقين وهو ما قد يفسر بهجة قاليلي في كتاب « محاورة

1 Ibid P 209

حول نظامي العالم» عندما يقول على لسان سالفياتي : « بواسطة التلسكوب يمكن لناالإقتراب من السماء ثلاثين وأربعين مرة أكثر من أرسطو بطريقة تمكننا من ملاحظة أشياء لم يلحظها أرسطو ولم يكن بمقدوره رؤيتها (...) ».

يستند النقاش في محاورة الأنساق الكبرى إلى أرضية كوبرنيكية من جهة ولكنه ذو طابع حجاجي من جهة اخرى اذ منذ اليوم الاول من المحاورة.. يتجند قاليلي ليدحض الحجج الأرسطية ضد حركة الارض ولكي يحطم التفاضل الانطولوجي بين الارض والسماء وهي عملية استعمل فيها قاليلي كل المعطيات التي قدمها له علم الفلك الجديد . وتبين إشارات قاليلي الى افلاطون المنتشرة في المحاورة ان جاليلي يستلهم شكل الحوار من افلاطون في المنهج السقراطي وهو المنهج الذي يطبقه بنجاح سالفياتي Salviati المتكلم على لسان قاليلي .

و لكنه يريد بذلك ان يقول لنا انتبهوا ففي الصراع قديم العهد بين الأرسطية والأفلاطونية فاننا الى جانب افلاطون ابدا مع التكميم ومع التريبض وضد التجربة المباشرة . ولأجل ذلك يذكر كويري بان كتاب «محاورة حول نظامي العالم » ليس كتاب علم فلك ولا حتى فيزياء بل انه قبل كل شيء كتاب نقد وجدال وصراع انه في ذات الوقت عمل بيداغوجي يبسط ويفسر فلسفيا ويستنتج ويبرهن تاريخيا.

فهو مؤلف جدال اذ يعلن الحرب ضد العلم الارسطي والبطلمي وهو مؤلف بيداغوجي لأنه ليس يتعلق فقط باقناع الناس ببرهنة بل

بقيادة القارىء الى ان يقتنع ويتمكن من فهم برهنته وقبول حجته انه مؤلف يتراوح بين التحطيم البناء والتربية النقدية : تحطيم الاحكام المسبقة والعادات الذهنية التقليدية وعادات الحس المشترك وايجاد عادات جديدة وقابلية جديدة للاستدلال أي ذكاء جديد . وهو عمل فلسفي باعتبار أن قاليلي يعارض بفكره فقط كسمولوجيا أرسطو وفيزياءه بل كل فلسفة خصومه . وهو عمل تاريخي إذ ليس يتعلق برواية قاليلي لتاريخ فكره ولكن يتعلق بالاشارة الى الطريق الذي قطعه قاليلي والصعوبات التي اعترضته للتخلص من هيمنة الفيزياء الارسطية وهي الصعوبات التي يثيرها ممثل الارسطية Simplicio . وإذا ما فتحنا المحاورة ألفينا ان النقاش يتوزع على ثلاث شخصيات Salviati المتكلم على لسان قاليلي يمثل الذكاء الهندسي الرياضي للعلم الجديد و Sagredo يمثل الفكر الذي يحرر من الأحكام المسبقة للتقاليد الارسطية وأوهام الحس المشترك والفكر لأن يدرك الحقيقة الجديدة للاستدلال القاليلي أمّا Simplico . فهو يمثل الحس المشترك المفعم بالاحكام المسبقة للفلسفة المدرسانية وهو يعتقد في جدارة أرسطو وعلمه ، ويتحرك تحت لواء تقاليده الفيزيائية ، وأثناء الصراع يجبر Simplico على معارضة النظام الكوبرنيكي بالبراهين الفيزيائية الحديثة ضد البراهن الهرمة الأعاصير والغيوم الى برهان الأجسام الثقيلة التي تسقط عموديا على الأرض فان Simplico يترك المكان فسيحا لسالفياتي الذي سيعتمد ابحاث

قاليلي الميكانيكية لكي يدحض تلك الاعتراضات القديمة .

وعلى غرار جورداتو برونو يعارض قاليلي البراهين الأرسطية بمبدأ نسبية الحركة ولكن كذلك بالحجج الأكثر حداثة للحجر الساقط من صاري السفينة ما هو مضمون هذا البرهان ؟

فاذا ما تصورنا ان باخرة راسية وصعد احد الى صاري السفينة ومده بحجر وتركنا الحجر يسقط دون سرعة ابتدائية فلا شك أنه سينزل عموديا ويستقر بمحاذاة الصاري وكذلك الأمر عندما تتحرك الباخرة بحركة منتظمة . اذ أن الحجارة تسقط على شكل عمود في كلتا الحالتين وهذا ما يستحيل لدى ارسطو ، فالأرسطي يعتبر أن الحجارة تنطلق من السكون . ولما كانت تلك اللحظة منفصلة عن الحركة (اي حركة السفينة) فمن الطبيعي أن تسقط الى الوراء . اما غاليلي فيعتبر ان الحجارة لا تنطلق من السكون بل تشارك وتحتفظ بحركة النسق الميكانيكي الذي تنتمي اليه . وبالتالي فهي تسقط على عمود دون إنحراف وهذا يعني أن كل حركة لا يمكن لها ان تضايق حركة أخرى اي أن الحركات كأنها غير موجودة الواحدة بالنسبة للأخرى فاذا كانت الحجارة والبرج يشاركان الاثنين في نفس حركة الأرض فان هذه الحركة ستكون بالنسبة لهما وكأنها غير مجودة أي كما لو كانت الارض في حالة سكون وهوما لا يمكن للارسطية ان تقبله لأن الحركة تعبر لديه عن طبيعة المتحرك . وهكذا تتجلّى لنا أهمية الدحض القاليلي لبراهين أرسطو ويطليموس ، ضد حركة الأرض سيما وأنه هو الذي سيمكن من

افتتاح التصور الجديد للحركة . فبتوحيد السماء والأرض ثم بستخراج مقدما كسمولجية كوبرنيكية أي بتغيير الاطار الذي وجد فيه الفكر الميكانيكي منذ القديم تحدداته العميقة فن ما سجعله قاليلي ممكنا هو الفهم المتجدد للحركة ذلك ما يبيّنه موريس كلافلان عندما يشي الى ان الكسمولوجيا تمثل بالنسبة للحركة الارسطية شرط الإمكان الأسمى في نظرية النظام الكوني من جهة وفي نظرية العناصر من جهة أخرى إن الكسمولوجيا لا تقدّم وفق وجهة نظيره للحركة مقولاتها الأساسية فحسب إنها تعين لها معناها الحققي بحيث ان بروز الميكانيكا الحديثة كان يستلزم حتما دحض التصور الكسمولوجي الأرسطي باعتباره مصدر تناسق الميكانيكا الأرسطية وقوتها والأمر نفسه لدى الكسندر كويري عندما يبين بأن الموقف الذهني للفيزياء الكلاسيكية (اي القرن 17) . يمكن تعيينه بلحظتين مرتبطتين أشد الارتباط 1) تحطيم الكسموس « ويعقب هذا التحطيم تشتت العلوم . تلاش - مبدئيا على الأقل وإن لم يكن كذلك ففي الوقائع دائما - لكل الإعتبارات المؤسسة على هذا المفهوم . »[2] وهندسة الفضاء « اي تعويض الفضاء المحسوس المتفاضل للفيزياء الأرسطية بالفضاء المجرد والمتجانس للهندسة الاقليدية (والذي كان يعتبر واقعيا حينئذ) وتطبيقه على مجموع الفضاء المتصل ، والعيني والمتفاضل لـ « الأمكنة » الفيزياء والكوسمولوجيا ما قبل القاليلية . وفي الواقع فإن هذا التعيين يكافؤ تقريبا الصياغة الرّياضية

Koyre Alexandre Etudes Newtoniennes op cit P 29 .2

(عملية الهندسة) للعلم »[3] وهو فضاء موحد بالقوانين التي تحكمه في كل اجزائه وكذلك بتماثل مكوناته النهائية الموضوعة كلها في نفس المستوى الوجودي . « ويستلزم هذا انتهاء - أو طرد بلا هوادة - من الفكر العلمي لكل ما من شأنه أن يستثير قيم الكمال ، والتناسق ، والجهة والهدف ، إذ أن كل تلك المفاهيم ذاتية تماما من هنا فصاعدا ولا يمكن لها أن تحوز على مكان في الأنطولوجيا الجديدة . » .[4] و هذا التحطيم هو الذي مكن قاليلي من صياغة جديدة للحركة « وإخضاع الحركة للعدد »[5] وهو الذي مكن ديكارت ايضا - فيما بعد - من صياغة مبدأ العطالة بوضوح تام .

ليس أحسن ونحن في خضم تحليل ما آلتبس من مشكليات الثورة الكوبرنيكية في علاقتها بالأرسطية من الانطلاق من التعارف الأصلية التي يعينها أرسطو وكذلك قاليلي للحركة . فما هي تحديدا ت كل من أرسطو وجاليلي للحركة ؟ يرد التعريف الأرسطي للحركة ضمن كتابه السماع الطبيعي على أنها :« فعل ما هو بالقوة من جهة ما هو بالقوة . ». Le mouvement est l'acte de ce qui est en puissance en tant qu'il est en puissance .[6]

أولا يتضح للمتفحص لهذا التعريف الارسطي للحركة أنها

---

3. Ibidem.
4. Ibid P 30.
5. Ibid 31.
6. Aristote Physique livre III chp 1 201 a ,10 .

سيرورة تستلزم حدين متناقضين ما منه تنطلق الحركة وما اليه تصير الحركة بمعنى آخر بالقوة والفعل فالحركة هي السيرورة التي تؤثر فعليا على المتحرك بأن تنقله من الوجود بالقوة الى الوجود بالفعل اي من صيغة الكمون الى صيغة التحقيق او الحدوث الفعلي وهو ما يفترض تناهيها اذ لها بداية ونهاية وثانيا تتجلى الحركة كجوهر Substance او ماهية كيفية وليست علاقة Relation.

فاذا ما انتقلنا الى التعريف الذي يقدمه قاليلي للحركة وهو تعريف ينبني على ضوء الاستحداثات الكوبرنيكية ألفينا بأن المشكل أصبح غير المشكل وأن الموضوع انقلب ليحوز مستقرا جديدا ما كان ليحوزه في ظل التصورات والصياغات الارسطية . اذ يقول قاليلي في رسالة له الى Benedetto Castelli: « الحركة ليست شيئا آخر سوى انتقال شيء ما بالنسبة الى شيء اخر »[7].فالحركة في المقام الأول هي حركة نقلة لنقطة مادية .و ثانيا يفتتح تعريف قاليلاي للحركة الحداثة الفكرية والعقلانية الفيزيائي الحديثة والجدل الذي سيقوم بينهما ، بين التقليد الأرسطي القروسطي والعقلانية العلمية أو ما يسمى بتكون مجال عقلانية علم الطبيعة.

ان هذا التعريف لقاليلاي يفتتح تصور الحركة كحالة نقلة وكعلاقة وكنسق عطالي نسبي « ان الحركة حركة وهي تفعل كحركة

Gallilé Lettre a Benédétto Castelli Le 1 Avril 7 1607 في كتاب كلافلان ص 225 .

من جهة ماهي في علاقة بالأشياء التي تكون محرومة منها » [8] لم تعد الحركة القاليلية ثقالة او حركة تشترك مع حركة السيرورة في الفيزياء الأرسطية . فالحركة القاليلية بما هي حالة Etatتقع في العلاقات المكانية بين الأشياء وأمست تتحدد بالتناسب وبالتضايف مع الاشياء التي تكون محرومة منها . وهاهنا موطن الانقلاب من طور التحديد الاطلاقي الى طور التحديد النسبي الذي يعين الحركة في تناسبها مع حالة السكون انهما حدان متضايفان لا يقالان باطلاق . واذا كان الشأن يتعلق مع أرسطو باستحالة الاقرار بنسبية الحركة نظرا لأن الحركة ذاتها تمثل معه حالة عابرة تعمل على تحقيق ماهية المتحرك وطبيعته اي أن الحركة والسكون باعتبارهما يخصان طبيعة الشيء المتحرك ذاته توجب داخل التصور الأرسطي أن يقالا باطلاق فان أهمية الصياغة القاليلية لنسبية الحركة تغدو واضحة لا سيما وأن قاليلي حاول جاهدا استنادا الى اكتشافات كوبرنيك الجديدة واكتشافاته هو على أن يبرهن برهنة علمية دقيقة على ذلك مستندا الى عدة أمثلة . يعتبر مثال السفينة المبحرة من جنوة الى حلب من أهمها [9] وهذا المثال تجسيد ملموس لتجربة ذهنية . فالباخرة تتحرك من حيث أنها تغادر جنوة وتمر بكورفو عبر كريت وقبرص وتذهب الى حلب . اما جنوة وكورفو وكريت فهي باقية ولا تتحرك مع الباخرة اي أن الباخرة متحركة بالقياس الى جنوة الباقية في مكانها أما

8. Clavelin Op cit p 225 .

9. Jacques Merleau -Ponty La Genese des Theories Physiques Gallile Ampere . Einstein , Dialoge 3eme Journee .

بالنسبة الى البضائع في علاقتها بالباخرة فان تلك الحركة لا تطالها في شيء فهي كالمعدومة بالنظر اليها لأنها حركة مشتركة بينها جميعا وهي (اي البضائع) ستشارك فيها كلها . وفي حين يعتبر أرسطو آن المسافر الجالس في السفينة الجارية إنما يكون في ذاته ساكنا والسفينة متحركة في ذاتها يقر قاليلي بأنه ليس ثمة ما يدعو الى التأكيد على سكون شيء ما سكونا فعليا مطلقا أو على حركة مطلقة . ان هذه الاطلاقية في التحديد الأرسطي للحركة والسكون إنما تتحدر على غرار ما يوضح ذلك حمادي بن جاء بالله [10] عن كونها تخص طبيعة الشيء المتحرك ذاته أولا واعتبار جهات العالم الموضوعية ثانيا وبحكم سكون المركز سكونا مطلقا ثالثا . ومن ثم فالحركة فعل في الأشياء يسكبها كمالا وتحققا وهو ما يفضي بنا الى القول بكون الحركة والسكون ليسا فقط حدين مطلقين ولكنهما أيضا يتقابلان باطلاق . ويتفاضلان انطولوجيا [11] اذ شأن المتحرك وهو على ما هو عليه من سيرورة وحالة عرضية ان صح التعبير ان يشتاق الى السكون ويطمح إلى تحيقه . ففي السكون ماهيته وفي السكون انسجام مع مركز الكسموس الثابت الذي تتحدد الحركة بالنسبة اليه . الا أن الأمر ينقلب مع قاليلي لتستحيل الحركة الى حالة Etat تستوجب وجود جسم يكون ساكنا بالفعل وانما

---

10 حمادي بن جاء بالله : تحوّلات العلم الفيزيائي و مولد العصر الحديث . تونس بيت الحكمة 1986 .

11 حمادي بن جاء بالله : تحولات العلم الفيزيائي و مولد العصر الحديث تونس بيت الحكمة 1986 ص 40 و ما بعدها .

تستدعي وجود جسم يكون محروما من تلك الحركة المعنية بالأمر ويشكل المرجعية التي نحدد انطلاقا منها حركة الجسم في الفضاء الاقليدي المتجانس . وفي ذلك يقول كلافلان : « تتضمن المقدمات الكسمولوجية التي أدرجها قاليلي في الحوار النسبية الكليّة للمتحرك . ومن تلك اللّحظة لم يعد للتعريف المشائي « الحركة هي فعل ما هو بالقوة من حيث هو بالقوة » أي معنى ويجب أن يعوض بتعريف جديد يأخذ في إعتباره نسبية الحركة . » [12]

ان نسبية الحركة تتضمن كون الحركة والسكون حالتان متكافئتان من أحوال المادة لا تكشفان عن طبيعة المتحرك . فليس هناك في التصور القاليلي حركات طبيعية ولا حركات عنيفة مثلما هو الشأن لدى أرسطو ويبين كويري [13] ان التمييز الارسطي للحركات والى حركة عنيفة واخرى طبيعية يؤطر ضمن تصور عام للواقع الفيزيائي ، تصور يمثل مركزه الاعتقاد في وجود طبائع محددة جيدا والاعتقاد في وجود الكسموس اي مبادىء منظمة بموجبها يكون مجموع الموجودات الواقعية كلا منظما يشير الى امتلاك مكان مطابق لطبيعته يتحقق فيه ويكتمل ولذلك فان كل محاولة لابعاد جسم ما عن حيزه الطبيعي انما تعد حركة عنيفة لأنها مضادة لطبيعة ذلك الكائن . ان مفهوم الحيز الطبيعي هذا هو الذي يفسر لدى أرسطو أيضا الاختلاف ما بين الحركة الطبيعية والسكون الطبيعي فالجسم عندما يؤول الى مكانه الطبيعي يقاوم كل مجهود

---

12. Clavelin op cit P 225

13. Alexandre Koyré Etudes Galileennes op cit P 18

لتحويل مقاومة فعالة وهذه المقاومة يتمثل مصدرها الحقيقي في الفعل الذي يمارسه الحيز الطبيعي على الجسم عندما يحقق صورته [14] اذ بفضل هذا التحقق يبدي الجسم نفورا مماثلا للذي تبديه الطبيعة ضد كل ما يغير نظامها ولما كانت الحركة الموضوعية لكل جسم نحو مكانه الطبيعي هي حركة نحو صورته الخاصة اي انها طريق يمكن به لماهية المتحرك ان تبلغ مكانها في النظام الكلي فان السكون الطبيعي هو فعل كائن متحقق وليس فقط كافيا بالقوة وانه بذلك يحوز الأولوية بالضرورة وانه على هذا النحو ايضا يفهم التفضيل الانطولوجي للسكون على الحركة .

في الثورة الكوبرنيكية يزول تدريجيا التراتب الذي يطال حركة بنية الكسموس ذاتها عالم ما تحت القمر وعالم ما فوق القمر وهو التراتب الذي لا يستقيم حاله مع قاليلي ذلك أن التعريف الذي يقترحه قاليلي للحركة والذي يتميز بكونه يدمج حيز النسبية يتضمن دحضا لنظرية المكان الطبيعي فهو يؤكد لا مبالاة الجسم بالنسبة الى الحركة أو السكون ويتساوى لديه ان يكون ساكنا أو متحركا وهذا يعني ان الاجسام لا تقاوم الحركة بفعل نزوعها الطبيعي للسكون وهي بالتالي لا تتحرك بفعل قوة تسلط عليها فالجسم - على غرار ما يؤكد قاليلي - يمكنه أن يتحرك من ذاته وبفعل أدنى قوة ممكنة اذا كان ساكنا ، ويقف بفعل أدنى قوة ممكنة اذا كان متحركا ، وهذا كما لا يخفي يعارض القول الارسطي بتناسب القوة والسرعة او القوة والحركة بلغة اخرى .

و حسب التصور الارسطي دائما فان فعالية قوة معوّقة تتطلب قوة

---

14. Aristote . Physique IV (5 - 6) 212 b

محركة متناسبة معها او تفوقها لتكون الحركة ممكنة .

غير ان قاليلي باقراره انه لو تصورنا جسما على سطح افقي تنعدم من حوله المعوقات فان اقل قوة قابلة على تحريكه ونقله قد تمكن من جهة من أن يفصل بين القوة والسرعة ومن جهة اخرى من ان يتوصل الى التأكيد على ان حركة جسم ما على سطح أفقي أملس لا مقاومة فيه تبقى منتظمة الى ما لا نهاية له [15]. وبالرغم من ان قاليلي لم يقدم معنى فيزيائيا لهذه الحركة المنتظمة واللامتناهية وهي الخطوة التي سيقوم ديكارت عندما يصوغ مبدأ العطالة [16] وبالرغم من اكتفائه بالاقرار بامكانها المنطقي اي تحدثه عن ذلك على نحو الفرضية المنطقية فحسب الا أنه يدحض فكرة ضرورة ارتباط المحرك بالمتحرك في التصور الارسطي فالحركة السيرورة الارسطية تتضمن استحالة الحركة المستمرة بذاتها بدون نهاية بل ان حضور المحرك ضروري وما فعل المتحرك الا انعكاسا لفعل المحرك اوتحققا له .

و لذلك يبين كويري ان قاليلي « عندما قبل بأن الحركة كينونة أو حالة ثابتة ومستديمة مثل حالة السكون يقبل إذن أننا لسنا في حاجة الى قوة ثابتة فاعلة في المتحرك لتفسير حركته . إنه يقبل نسبية

---

15 Pierre Thuillier Galilée et l'expérimentation in la recherche en histoire des sciences. Paris et du seuil 1983- P118et sq .

16 لقد صاغ ديكارت مبدأ العطالة انطلاقا من تجربة ذهنية و ليس من معطيات التجربة و هو ما يفسر - جزئيا - عدم صياغة هذا المبدأ من قبل جاليلي الذي كان تجريبيا بمعنى عام .

المتحرك ونسبية المكان ، وبالتالي إمكانية تطبيق قوانين الهندسة في المعنى الحصري على الميكانيكا. »[17]

ليس أرسطو اذن هو الذي يعرف السرعة كمقدار Grandeur قابل لأن يدرك في ذاته[18] انه لا يعرفها الا كمنتوج للمحرك نتيجة فعله على المتحرك ، ولكن لماذا بالذات هذا الحضور الضروري للمحرك في الفيزياء الأرسطية ؟ ان ضرورة ارتباط الحركة بالمحرك في التصور الارسطي يبين أنه اذا كانت الحركة حالة عابرة او عرضية بالنسبة الى كل متحرك فان الأمر ليس كذلك بالنسبة لمجموع العالم فهي ضرورية منذ الأزل وهي ظاهرة لا يمكن تفسيرها إلا باكتشاف مصدرها في بنية الكسموس ذاته ، أي البحث عن علة للحركات العابرة للموجودات الأرضية في الحركة الازلية المنتظمة والطبيعية للأفلاك العلوية .

و لما كانت الحركة الدائرية باعتبارها هي الوحيدة المنتظمة والطبيعية التي تستطيع الاستمرار بدون تحديد في كون متناه : وهي الحركة التي تتمتع بها الأفلاك العلوية . و لما كانت لا تطال في شيء من جوهر المتحرك اي لا تغيره ولا تنجز بين حدين متضادين ولا تكمن وظيفتها في القيادة من ضد الى آخر فانها تعتبر أشرف من الحركات الطبيعية المستقيمة ان كل نقطة من مدارها هي في ذات الوقت بداية

---

17 Alexandre Koyre Etudes D'histoires de la pensée scientiphique P 58 .

18 تتحدد سرعة الجسم في المنظومة الفيزيائية الأرسطية بعاملين 1) ثقله ،2) قدرته على اختراق المحيط Penetration .
أنظر كلافلان ص ص 69-71 .

ونهاية للحركة تظل عينها رغم تكراراتها . إنها حركة الاجسام السماوية التي يجب تحليلها انطلاقا من مفاهيم ومبادىء مختلفة طالما أنها لا تتعلق على غرار الحركات المستقيمة بأجسام موجودة في حالة القوة .

ولا يتعلق الأمر باكسابها صيغة الفعل بل يتعلق بأجسام توجد فعليا باطلاق اي مباشرة بالفعل . وتتكون هذه الاحسام المتحركة من عنصر يتجه بصفة طبيعية بحركة دائرية حول المركز يحوز الأسبقية والشرف على العناصر الأخرى . لذلك فان الابدية في هذه الحركات لا تطرح مشكلا وهو ما لا يتطابق مع الحركات الطبيعية المستقيمة والمتجهة نحو الأعلى ونحو الأسفل فهذه الحركات تنجز دائما بين حدود متضادة وهي بالتالي متناهية بالضرورة . وهي علاوة على ذلك متضادة فيما بينها (حركة الى الفوق وحركة الى تحت) ولا تنطبق الا على أجسام قابلة للكون والفساد اي قابلة للزيادة والنقصان.

ويبين قاليلي في كتاب « المحاورة » أن أرسطو لم يتوصل الى تمييز للحركة الطبيعية الدائرية عن الحركات الطبيعية المستقيمة نحو الاعلى والاسفل الا لكونه يعتبر مسلما به فكرة مركز وحيد وثابت للكون تؤول اليه أو تتعلق به كل الحركات لذلك تكمن وظيفة الحركات الطبيعية المستقيمة في ترتيب الحالة الطبيعية للعناصر كما يستلزمه نظام العالم فالحركة الارسطية هي حركة جسم ما مكوّن من عنصر ما . فالعناصر (الماء والهواء والتراب والنار) هي التي تعين طبيعة الحركة وإتجاهها .[19] فالحركة نحو الاعلى هي حركة عنصر النار والحركة نحو

19 أنظر جدول الحركة الأرسطية في كتاب كلافلان ص 66 .

الاسفل هي حركة عنصر التراب .

و بذلك يتوضح لنا التلازم الضروري في الفيزياء الارسطية بين المتحرك والمحرك والحركة وطبيعة المتحرك . فسواء كان هذا المحرك طبيعة المتحرك ذاته اي عناصره التي يتكون منها بالنسبة إلى الاجسام السفلية أو كان هذا المتحرك يخضع لمحرك يقوم بإيصال فعل المحرك الأول بالنسبة إلى الأجسام العلوية فان سلسلة المحركات تنقطع عند المحرك الاول الذي يحرك الموجودات بفعل شوقها له وهذا هو معنى القول الارسطي بكون المحرك الاول يحرك دون ان يتحرك ، ذلك ما يوضحه روني دوقاس René Dugas عندما يقول : « يوجد لدى أرسطو سلم للمحركات : ويفترض كل متحرك وجود محرك ولا شيء يتحرك بذاته ، ومن محرك قريب الى آخر نصل الى المحرك الأول ، وهو فعل محض وعقل سام وسبب غائي »[20]. وبهذا الربط بين الحركة والمتحرك وبين المحرك والمحرك الأول يصل أرسطوا الى الميتافيزيقا بواسطة الفيزياء .

تؤسس الميتافيزيقا في منظومة أرسطو الفيزياء . وتستلزم الميتافيزيقا في ذات الوقت الميكانيكا الارسطية والتي تتحول بالضرورة الى نظرية المحرك الأول . وتمكن نظرية المحرك الأول من جانب آخر الفيزياء الأرسطية من ان تكسب الحركة حقيقتها ومعناها اللذان فقداهما مع الايليين القائلين بالثبات ووحدة الوجود . لعلّ ذلك ما يفسر التناسق المنطقي في المنظومة الفيزيائية الأرسطية ولعلّ هذا التناسق بدوره يفسر

20. Rene Dugas op cit p 19

تطور أفكار قاليلي الميكانيكية من كتابه De Motu وفشل محاولته تريبض فيزياء أرسطو في هذا المؤلف وهي مرحلة تسمى في تفكيره بمرحلة فيزياء الامبيتوس Physique de L'impetus الى« محاورة الانساق الكبرى » و«المقالات المتعلقة بعلمين جديدين » Discours concérnant deux sciences nouvelles وهو أمر لعله يبين صعوبة تخطي الأرسطية التي كانت البنية المعرفية التي يفكر بها (كآداة لفهم العالم) وفيها كفكر سائد فضلا عن التناسق المنطقي الذي تنعم به هذه النظرية انها على غرار ما يبين كويري 17 ليست امتدادا خاصا للحس المشترك ولا تخيل طفولي ولكنها مذهب ينطلق من معطيات الحس المشترك ويخضعها الى صياغة أو بناء نسقي متجانس ودقيق .

الا انه رغم كل هذه الصعوبات فان الاصرار القاليلي على تريبض الفيزياء اضافة الى التجارب الميكانيكية التي اجراها في بيزا حول سقوط الاجسام قد مكنه من صياغة أول قانون علمي في الفيزياء ، قانون السقوط الحر للاجسام . وتساوي سرعة السقوط في الفراغ $x = \frac{1}{2} g t^2$ وبالتالي البرهنة على خطأ الفيزياء الارسطية في اعتبارها سرعة سقوط جسم ما تتحدد بثقله او بخفته اي بخاصيات طبيعية او كيفيات مطلقة له وبيان وجود الفراغ . لقد كان الخطاب الأرسطي خاصة في الكتاب الرآبع من الفيزياء يردد استحالة الحركة في

الفراغ Le vide « لأنه في الفراغ لا فارق بين الفوق والتحت (...) فالفراغ يبدو لا وجودا Non Etre أي حرمان » .[21]

ان قانون سقوط الاجسام وهو الذي صاغه قاليلي في سنة 1604 قانون بسيط جدا و يستوعب كليا في التعريف التالي : سقوط الاجسام هو حركة متسارعة بانتظام ، فالقضية الكاملة لقانون السقوط تحتوي تأكيدين متمايزين[22] أ - ان سرعة جسم ساقط تزداد تناسبيا مع الزمن ب - تسارع السقوط هو نفسه لكل الاجسام ، ان هذا القانون القاليلي يتضمن علاوة على ذلك قانون التسارع لا يتسارع الجسم كلما اقترب من حيزه الطبيعي بل يتسارع الجسم الساقط لأن سرعة كجسم متحرك تزداد زيادة منتظمة مع الزمن تحت تأثير الجاذبية يعبر عنها قاليلاي بثابت K دون أن يحدد ماهيتها [23] وهذا اكتشاف هام إذ يبين ان القوة لا تلزم لتوليد الحركة بل يلزم لتغييرها ،اي لتوليد التسارع والجسم الذي لا تعمل فيه أية قوة يمكنه ان يتحرك حركة مستقيمة منتظمة وهذا ما يمثل محتوى مبدأ حفظ الحركة الذي توصل اليه قاليلي لكن دون ان يبلغ بذلك الى صياغة مبدأ العطالة[24] أي دون الانتباه الى أن الطبيعة ككل هي مجال حركة ولها كمية حركة . ان

Aristote Physique IV , 215 a 13 .21

Clavelin op cit pp 336 - 353 .22

23سوف يحدد استحق نيوتن فيما بعد ماهية هذه الثابتة المجهولة في معادلة السقوط الحر و التي ستكون قوة الجاذبية .

Ibid 259 et sq .24

السبب في ذلك يعود مثلما يوضحه عديد الباحثين الى ان قاليلي لم يتخلص بعد كليا من فكرة الكسموس الارسطية من جهة ما هي دالة على الكل المنظم فهو يقر في المحاورة وبالتحديد في اليوم الأول أنه يتفق مع ارسطو في ان العالم بالضرورة محكم التنظيم مرتب بنظام سام [25] اي انه اذا كان قاليلي قد فشل في صياغة مبدأ العطالة فلأنه عكس ديكارت لم يستطع التخلص من الحدث Le Fait ولا أن يقبل بالنتيجة الحتمية للهندسة الكاملة للفضاء اي Géneralisation والتعميم ولاتناهي الكون وتحطيم الكسموس كليا .

و هكذا فان قاليلي لم يصغ مبدأ العطالة . لم يقطع قاليلي الطريق الذي يقود الى الكون اللانهائي لم يذهب الى اقصى حد إلى مبدأ العطالة . إن ديكارت هو اي سينجز ذلك الا أن التوافق الظاهري بين أرسطو وقاليلي لا ينبغي أن يحجب عنا الفوارق النوعية الفاصلة بينهما. اذ أن قاليلي يبقى رغم عجزه عن بناء صيغة مبدأ العطالة هو أول من تحققت في مؤلفه على أسس صحيحة فكرة هندسة الطبيعة اي الفيزياء الرياضية او التريبض الفيزيائي تلك النزعة التي ستتوضح ملامحها بصفة جلية مع فيزياء ديكارت وستكون ثمرتها اكتشافه مبدأ العطالة واعتباره الرياضيات الكونية منهج العقل والعلم . فما هي دلالات مبدأ العطالة ، وما هي مضامينه ؟

مبدأ العطالة والتخلص الكلي من فكرة الكسموس الارسطي .

25. Galile Dialogue Op cit p 116 - 117

في كتابه دراسات قاليلية يبين كويري انه من المدهش ان ديكارت وهو الذي لم ينجح في استنباط القانون الصحيح لسقوط الاجسام لانه لم يعرف كيف يطابق بين الدراسة الفيزيائية لظاهرة السقوط مع تحليلها الرياضي قد توصل الى صياغة المبدأ الاساسي للعلم الحديث مبدأ العطالة « واعطائه صياغة واضحة ومتميزة »[26] « يظل كل جسم في حالة من السكون اذا كان ساكنا او من الحركة اذا كان متحركا ما لم يؤثر فيه جسم خارجي فيغير حالته تلك . »[27] ويضاف الى هذا المنطوق الأول « يظل كل جسم في حالة حركة مستقيمة ومنتظمة السرعة . »[28]

و هذا يعني ان القوة المحركة تعطي سرعة ما ، هي الدفعة الاولى ومن شأن المتحرك ان يحافظ عليها ولا يغيرها الا بتأثير قوة خارجية . إن إيمان ديكارت خاصة في نظريته حول الدّوامات Tourbillons ببقاء كمية الحركة في الكون ثابتة هو الذي دفعه الى المنظور الحركي السينيماتيكي ، من كنسيس Kinesisوهي لفظة يونانية تعني الحركة . فكمية الحركة ثابتة وحركة الأجسام مستقيمة لما للإستقامة من مكانة في الهندسة والعقل فالإستقامة هي التعبير الراقي عن مبدأ البساطة .

---

26. Elexandre Koyré : Etudes Galilléemes. Paris. Hermann 1980. P- 161

27. Ibid p 62

28. Ibidem

إن مبدأ البساطة في الفكر ونموذجه الرّياضيات ، وفي الواقع نموذجه الحركة العطالية هو مفتاح سر فهم الطبيعة . صحيح أن ديكارت ينفي وجود الفراغ ولكن عالمه مليء بالحركة مما يعني أنه نسق تام ومتكامل . فالديكارتية قد أسست المفهوم السينماتيكي المصاغ فلسفيا. يستنتج ديكارت مبدأ الحفاظ على المادة من مبدأ الثبات الالاهي وهو ما يبينه بوضوح كويري في الدراسات القاليلية [29] إن مثال العلم الديكارتي هو النموذج الميكانيكي الهندسي فالعطالة هي النموج الهندسي المكانيكي للطبيعة .و هي محافظة على حركتها .

يكتسي مبدأ العطالة أهمية رئيسية سيما وأنه يتضمن تصورا جديدا للحركة وللواقع الفيزيائي ذاته انه التصور الذي يؤكد ان الحركة هي حالة مساوية أنطولوجيا للسكون بحيث ان الجسم المتحرك يكون لا مبال كليا تجاه هذا او ذاك من هذين الحالتين. وأن كونه في احدهما اي في الحركة او في السكون لن يولد ذلك فيه تغيرا . وتتكرس خاصية اللامبالاة هذه لكي تشمل المتحرك بالمقارنة مع الحركة او السكون وايضا لامبالاة حركة بالنسبة لحركة اخرى فلا يمكن لحركتين ان يتضايقا ابدا وهو ما لم يعرفه ارسطو .

ان حركة « الحالة » حركة الفيزياء القاليلية الديكارتية لا تشترك في شيء مع الحركة السيرورة للفيزياء الارسطية . اذ هما يخضعان في وجودهما الى قوانين مختلفة كليا ففي حين انه في الكسموس الارسطي المنظم تكون الحركة - السيرورة في حاجة الى علة

Alexandre Koyré Etudes Glileennes op cit p 318 et ss .29

غائية توجهها فانه في العالم الديكارتي الممتد تبقى الحركة الحالة او تحافظ على ذاتها بذاتها وتتتابع بدون تحديد في خط مستقيم في لا تناهي الفضاء الهندسي والذي فتحته الفلسفة الديكارتية أمامها .

لقد تخلت الديكارتية عن منظومة الأسباب الأرسطية . فبمقتضى كمية الحركة التي يعزوها ديكارت الى الخلق الإلاهي فإن السبب المباشر هو السبب الفاعل Cause Efficiente وبذلك تتخلى الفيزياء عن الأسباب الصورية والمادية والغائية . لم يبق ديكارت الا على السبب الفاعل في حيز الامتداد والشكل الهندسي المتحرك بعطالته [30] .

فالفضاء الذي تتم فيه الحركة الديكارتية ليس هو الفضاء الارسطي والمتراتب أنطولوجيا والذي تحدد فيه جهات موضوعية ستة فوق - تحت - امام خلف - يمين شمال - ولكنه الفضاء الاقليدي المتجانس كليا . ان الحركة الديكارتية على ضوء صياغة مبدأ العطالة هي كما يؤكد ديكارت الشيء الاكثر وضوحا والأسهل قابلية للمعرفة. فهي ليست حركة الفلاسفة وليست حركة الفيزيائيين ولا حتى حركة الاجسام الفيزيائية ، انها حركة المهندسين وحركة الكائنات الهندسية حركة النقطة التي تسطر خطا مستقيما . وان بساطة التعريف الذي يضعه ديكارت للحركة بكونها نقلة من موضع ما لآخر مرتبة وفق النموذج الهندسي الذي تحتذيه فيزيائه [31]

---

30. Ibid p 319

31. Ibid 330

ان هذا التعريف الحركي السينماتيكي يقر بنسبية الحركة ويرفض تمايزها مع السكون ويؤسس وحدة الحركة في الفضاء المتجانس . وفي التعريف الرياضي البسيط لا يكون ديكارت في حاجة الى انواع من الحركات المتعددة : وبفضل صياغته لمبدأ العطالة يكون ديكارت قد تمكن من التحطيم الكامل لفكرة الكسموس الأرسطي واستتباعاته [32] مفتتحا بذلك مجال اللاتناهي ومقرا بشرعية هذا المفهوم بعد ان كان غير مشروع في الفيزياء الارسطية . واذا كانت الفيزياء التي اسسها ديكارت خاطئة في معظمها بحيث ان استنتاجاته اصبحت اليوم لا قيمة لها وكان السبب في ذلك يعود الى الانشغال الميتافيزيقي المفرط الذي اتبعه واهماله الكلي للظاهرة او للحدث فان ذلك لا يجب ان يحجب عنا الدور الكبير الذي اضطلع به ديكارت في تاريخ الفيزياء .

ان الثورة الكوبرنيكية تظل مدينة لديكارت اذا ما تعلق الامر بالتحطيم الكلي لكسموفيزياء أرسطو اي الكسموس والتفسير الكيفي الارسطي والغائية . تظل مدينة لديكارت ايضا اذا ما تعلق الأمر بتأسيس بساطة المفاهيم التي تفسر بها الميكانيكا وهي الامتداد والشكل والحركة .

لقد مكنت انجازات كوبرنيك في علم الفلك من افتتاح افق جديد للميكانيكا ولقد دعم هذا الافق باكتشافات قاليلي وديكارت وانعكست نتائجه في قانون سقوط الاجسام ومبدأ العطالة الذي ما كان للفيزياء الارسطية على ما هي عليه من رفض كلي وعدم قابلية

32. Etudes Galiléennes op cit p 131

للتريبض من ان تتوصل الى اكتشافهما وهو ما يفسر ان الثورة الكوبرنيكية ليست فقط تحولات مضمونية لعلم الفيزياء ولكنها ايضا وبنفس الدرجة من الاهمية تحولات منهجية . انها افتتاح مجال التريبض الفيزيائي وهي الصيغة التي تعتبر في ذات الوقت جذر الثورة الكبرنيكية وثمرتها و بفضلها الفيزياء أصبحت مندمجة في تاريخ العلم بلغة باشلاردية . أي التاريخ الفعلي بعد قطيعة مع الفكر ما قبل العلم ، مجسدة الانتقال من فيزياء الحس المشترك الى التريبض الفيزيائي .

كما لا يجب التغافل عن التذكير بأن عملية التريبض القاليلي الديكارتي للطبيعة انما كان سندها التوحيد الكوبرنيكي للعالم والقضاء على التراتب الانطولوجي الذي كان يزخر به الفكر القروسطى. ان هذا التراتب لم يكن ليسمح بأية محاولة لتريبض الفيزياء الارسطية لأن جنس الطبيعة لا يمكن ان ينصهر في جنس الرياضيات وبالتالي لا يمكن تطبيق الرياضيات في الطبيعة اية استحالة التريبض . نتذكر الفشل الذي مني به قاليلي في مرحلة مبكرة من تطوره الفكري عندما حاول تريبض فيزياء الحس المشترك الارسطية المدرسية .

و اذا ما حاولنا الرجوع الى كتاب «السماع الطبيعي» ألفينا ارسطو يقف ضد كل خلط للاجناس وهو في ذلك ينقد افلاطون الذي اسس تفسيرات رياضية للظواهر الطبيعية والكسمولوجية في محاورة «التيماوس » لأفلاطون . فالرياضيات تتموضع في الترتيب الارسطى للعلوم النظرية بعد الميتافيزيقا والفيزياء اذ هي لا تدرس جواهر ولكن

مجردات فحسب . فليس للمهندس Géometre ان يفكر فيما هو فيزيائي ولا للفيزيائي ان يفكر فيما هو هندسي . ذلك انه اذا كانت الموضوعات الفيزيائية تدمج في تعريفها المادة والحركة ، على الاقل بطريقة ضمنية فانه لا المادة ولا الحركة متضمنتان من وجهة النظر المنطقية في تعريف الكائنات الرياضية .

لقد قامت الثورة الكوبرنيكية الجاليلية بتوحيد عالم العدد بعالم المادة عالم العلاقات الوظيفية Foctionnels للرياضيات من اجل رصد العلاقات الثابتة بين الظواهر اذ هندسة الكون هي في نفس الوقت صياغة علائقية لبنيته وحوادثه وقوانينه .

ان ما يبحث عنه جاليلاي في ظاهرة السقوط ليس قاعدة وصفية ولكن قانونا رياضيا فليس لجاليلي اية ثقة في ملاحظة غير مثبتة نظريا ويفسر هذا الأمر تحولا منهجيا آخر للثورة الكوبرنيكية . فلئن كان البحث الارسطي في الظواهر الطبيعية هو بحث عن الخفي والغائ بالأساس فان البحث القاليلي ليست غايته تحديد العلل الغائية للظاهرة ولكن ايجاد قانون يصاغ رياضيا وبطريقة تمكننا من فهم الواقع الفيزيائي . فليست الطبيعة سوى كتابا مفتوحا لا نستطيع فهمه الا اذا بدأنا بحفظ لغة ودلالة الرموز التي كتب بها وهذه اللغة رياضية والرموز هي المثلثات والدوائر والاشكال الهندسية الاخرى وبدونها يستحيل ادراك ماهية الطبيعة فالطبيعة لم تخلق اولا الفكر الانساني ثم بنت فيما بعد كل الاشياء بصفة متطابقة مع قدرات فهمنا ولكنها رتبت

في مرحلة اولى كل الاشياء بطريقتها ثم بنت فكرنا بكيفية أننا لا نقدر على استخلاص بعض اسرارها الا بالرياضيات .

و لما كان عالم المحسوسات لا يحمل في ذاته تفسيره الخاص توجب اللجوء الى الرياضيات لادراك معناه . فحروف الطبيعة اذن تتمثل في الاشكال الهندسية والمعادلات الجبرية وهو ما يعني ان معرفة الانسان بالطبيعة لم تعد معرفة كيفية تحددها تفسيرات حسية مباشرة مثلما هو الشأن مع ارسطو الذي يقر باستحالة تريض الطبيعة .« إن إعادة إنتاج تعريف الحركة هي إعادة تعريف الطبيعة برمتها وما ترتب عن ذلك من قلب للنظرية العلمية والمقالات الأنطولوجية والرؤى والقيم التي قام عليها الوجود البشري في عصر ما قبل قاليلاي »[33]

و يبين أوغستن مانسيون بأن المنهج الذي توخاه ارسطو في تحديد الظواهر الطبيعية اي تحديدها سواء بموجب مصدرها او تطابقها مع الميل الذي تحوزه هو منهج لا يتجاوز التجربة العامية وتصورات الحس المشترك .[34] ففيزياء ارسطو قد اعتمدت على التجربة المباشرة التي لا تؤسس ولا تبنى بأدوات الملاحظة والقياس . ولكن تؤسس فقط على القياس المنطقي . الا ان التجربة المباشرة هذه اذا ما اردنا معرفة وضعها من الثورة الكوبرنكية اي من العلم الحديث فانها لم تفعل سوى وضع العائق الذي كان يجب مجاوزته والتخلص منه .

---

33 حمادي جاء بالله المرجع المذكور سالفا ص 46 ـ 47 .

34 Augustin Mansion : Introduction a la Physique Aristotelicienne . Louvain Vrin 1945 P 144- 145 .

ليست التجربة كملاحظة مباشرة للظواهر الطبيعية منهج بحث الثورة الكوبرنيكية بل هو التجريب الذي لعب دور حاسما في طبيعة العلم الفيزيائي الحديث .فالتجريب الذي يعني المسألة المنهجية للطبيعة ويفترض لغة تطرح فيها أسئلة ومعجمية تسمح بها الأجوبة .

و انه بفضل اللغة الهندسية وأدوات القياس والملاحظة والوسائل التقنية التي يوظفها الفكر العلمي ويؤسس بها تجاربه تؤول الذات العارفة موضوع المعرفة في الفيزياء الرياضية ببناء القانون كعلاقة غير مباشرة . فلئن كانت القوانين الفيزيائية في التصور الحديث وكما بينته انجازات كوبرنيك وقاليلي وديكارت هي معرفة مبنية بالأدوات والوسائل النظرية والتقنية فإنها وفي ذات الوقت معرفة عقلية . لعل هذا الحوار التجريبي Dialogue experimental بالذات هو ما يؤكده كل من Isabelle Stengers Ilya Prigogine[35] عندما يشيران إلى أن الحوار التجريبي انما يحيل الى بعدين مكونين للعلاقات بين الانسان والطبيعة . وهذان البعدان هما الفهم والتغيير. فالتجريب لا يفترض الملاحظة الوفية للاحداث كما تتقدم لنا في التجربة اليومية وكما تحدث في علاقتنا المباشرة معها ولا يفترض ايضا البحث الوحيد عن الروابط التجريبية بين الظواهر الطبيعية فالتجربة تفترض فعلا تبادليا بين نظرية وتطبيق . لقد أضحت المعرفة الفيزيائية اذن ارادة في تغيير الطبيعة وليس مجرد تأمل في الكون وهو

---

35 Isabelle Stengers Ilya Prigogine La nouvelle Alliance Paris Gallimard 1980 P 11 - 12 .

ما يعني تغيرا في مكانه الذات العارفة .

شهدت الذات المفكرة انقلابا عبر عنه الحلم الديكارتي في جعل الانسان سيدا للطبيعة ومالكا لها . فالذات مشرعة ولم تعد تلاحظ الطبيعة لتوحي لها بنواميس واسرار وانما اصبحت تسائل وتفرض على الطبيعة البوح بهذه الاسرار . فعقلنة الظواهر الطبيعية اذن ومطالبة الطبيعة بالبوح علما تسترت عنه الي اكراهها على الاجابة عن اسئلة الذات وتربيضها، اي اخضاع المظاهر الحسية الى القياس الكمي تلك هي ملامح الثورة التي احدثها قاليلي وديكارت في مجال الفيزياء فالترييض أو والتحليل الرياضي هو النهج النظري وهو مكسب الحوار العلمي مع الطبيعة في اطار القاليلية .

الإمتداد والآلية الديكارتية .

ان اول المسائل التي يطرحها ديكارت في دراسته للطبيعة هي المماهاة بين المادة والامتداد فالطبيعة هي المادة . ولما كانت المادة هي امتداد صرف وبما ان الامتداد هو موضوع الهندسة فان علم الطبيعة يؤول الى علم هندسي للمادة . فالامتداد بمعناه الهندسي يعنى ان يكون شيء ما ذا ابعاد ثلاثة طول عرض وعمق . وهذا التعريف يستدعي التمييز بين الكيفيات الاولية والكيفيات الثانوية او بين العقلي والحسي وهو التمييز الذي بلوره ديكارت في « التأملات الميتافيزيقية » انطلاقا من تحليل قطعة الشمع . فقطعة الشمع كمعطى حسي مباشر هي مجموعة كيفيات محسوسة اذ ان لها رائحة ولون ومذاق وصوت . . . اي كل هذه

المعطيات التي يسميها ديكارت بالكيفيات الثانوية (الحسية) فهي ثانوية بالنسبة الى الكيفيات الاولية (العقلية والهندسية) اذ أن قطعة الشمع اذا ما ادنيناها من النار ذهب لونها وتغير شكلها المباشر والمحسوس فتنتفي فيها كل تلك المعطيات المحسوسة ، فالشمع اذن جسم ممتد في المكان . وعلى هذا النحو فان ديكارت يرد المادة الى الامتداد المكاني وينزع عنها المحسوسات المباشرة تصبح المادة معطى عقليا وبالتالي هندسيا . وباعتبار المادة امتداد وبما ان الامتداد هندسي فانها تتصف باللاتناهي او على الاقل باللاتحدد وهي لذلك متجانسة بالضرورة اذ ليس هناك فرق نوعي بين المادة السماوية والمادة الارضية على غرار الاقرار الارسطي بذلك . ويترتب عن ذلك ان الطبيعة امتلاء لا خلاء فيها ولا فجوات . ويفسر ديكارت فكرة الخلاء باصلها النفسي أي الخوف من الخلاء . ان اعتبار الطبيعة مرادفا للامتداد الهندسي يفضي ضرورة الى القول بان المقاربة المعرفية للطبيعة لا يمكن ان تكون الا عن طريق العلم الذي موضوعه الامتداد .فالمقاربة المعرفية للطبيعة لا يمكن ان تكون الا عن طريق العلم الذي موضوعه الامتداد وهو العلم الهندسي .

وفي هذا الموضع يكمن بالتحديد موطن الانقلاب في تعريف الطبيعة وتعريف العلم ايضا. اذ نشهد مع الثورة الكوبرنيكية وبالتحديد مع ديكارت تحولا من تعريف الطبيعة تحديدا عضويا Organiciste كحيوان ضخم ذو احساسات وغايات الى الطبيعة

الآلية Mécanique كامتداد صرف . وحركة أغلبها حركة اصطدام . وهو ما شكل عودة الى الآراء الذرية القديمة .

و مع الألية الديكارتية نشهد انتقالا من علم يؤسس على القياس المنطقي الى علم يؤسس على الهندسة. اي الإنتقال الى مجال المنطق والرياضيات . وفي هذا المجال يعتبر ديكارت وارثا لتيار قاليلي وافلاطون وارخميدس اي المنحى الفكري الذي يعوض المنظور المحسوس باللامحسوس والكيفي بالكمي . في هذا الاطار ايضا يتنزل ذلك الاقرار الديكارتي بأن الحركة التي يتحدث عنها الفلاسفة حركة غامضة جدا لأن تعريفها التقليدي على غاية من الغموض مقارنة مع وضوح التعريف الديكارتي للحركة . وهو وضوح مستمد من النموذج الهندسي . فاذا كان المهندسون يفسرون الخط بأنه متولد عن حركة نقطة كما يفسرون المساحة بأنها متولدة عن حركة خط فذلك يعنى بان مفهوم الحركة متضمن قبليا في التعريفات الهندسية .

وعلى هذا النحو فان مفهوم الحركة لا يقل وضوحا عن التعريفات الهندسية وبناء على هذا التصور تكون الفيزياء لدى ديكارت امتدادا للهندسة .

ان الخطأ في فهم الظواهر الطبيعية يحدث حسب التصور الديكارتي عند نقلة لمفهوم من مجال يخصه الى مجال لا يخصه مثل : الانتقال من الإرادة اللامحدودة الى الذهن المحدود أو الإنتقال من مفاهيم الروح او النفس وهي الأيسر معرفة الى الطبيعة او الجسد التي

تكون موضوع شجرة المعرفة .

يميز ديكارت بين ثلاثة مواضيع للمعرفة تتوزع عليها انظمة البحث وهي 1- الجسم ، 2- الروح ،3- الجسم / الروح . فالمنطقة الاولى لا تصح عليها الا مقولات الامتداد والحركة والشكل والمنطقة الثانية مخصصة للفكر والذهن والارادة والثالثة للاتحاد والقوة . ومن هذه النقلة اللامشروعة تنشأ كل اخطاء التراث العلمي .

فاللذين يعتبرون الطبيعة آلهة انما هم يضفون عليها روحا ليست لها او يفترضون لها ذهنا ليس فيها او ارادة غيرموجودة فيها ان هذه النقلة تسقط صبغة انسانية على الطبيعة ومنها الاحيائية فالبحث الارسطي في الطبيعة هو بحث انتربومورفي لانه يتصور الطبيعة كحيوان ضخم في حين انها المادة او هي الآلة الصماء التي تخضع لقوانين ليس لها ان تخرج عنها ولا يمكن ان تنضاف اليها مقولة خاصة بالانسان كالمقاصد والقوة والشعور . فالظاهرة الفيزيائية تفسر بمفاهيم الحركة والشكل والامتداد .

ان الحركة الديكارتية وعلى عكس الحركة الفيزيائية ليس لها سرعة ولا تتم في الزمن . لقد أدت كما يوضح ذلك كويري الهندسة بافراط الى هذه الخطيئة الديكارتية الى اللازمني فهي تحتفظ بالمكان وتقصى الزمان . انها تذيب الموجود الواقعي في الهندسة وتعوض الفيزياء بالهندسة.

و في هذا تكمن بعض الاسباب التي من أجلها انتهت فيزياء

الافكار الواضحة الى فشل مماثل لفيزياء لأفلاطون .

ان الموقف الذهني الاستقرائي لمنهج قاليلي يختلف عن موقف ديارت الاستنباطي فليس موقفه رياضيا صرفا ولكنه فيزيائي رياضي وهو لا ينطلق مثل ديكارت من آلية عليه ان يترجمها في علاقة هندسية بحتة او ليعوضها بها بل ينطلق من فكرة تمثل اساس فلسفته الطبيعية فكرة تقرر ان قوانين الطبيعة هي قوانين رياضية فما هو واقعي يجسد ما هو رياضي وهو ما يعنى به ليس هناك لدى قاليلي هوة بين التجربة والنظرية . ان النظرية والصياغة لا تنسحبان على الظواهر من الخارج بقدر ما تعبران عن ماهيتها و الطبيعة لا تجيب الا عن الاسئلة المطروحة في لغة الرياضيات مملكة القياس والنظام . ولئن كانت التجربة تقود الاستدلال لأن التجربة الجيدة في السؤال الجيد تجبر الطبيعة على كشف ماهيتها العميقة التي يقدر الذهن وحده على فهمها.

تمكن قاليلي بمماهات الدراسة الفيزيائية بالتحليل الرياضي لظاهرة السقوط ، اي بمراعاته الخاصية الواقعية للظاهرة من تجنب خطأ ديكارت في اقصاء عنصر الزمن فالحركة في الفضاء ظاهرة زمنية تحدث في الزمن وانه بموجب الزمن يبحث قاليلي عن تعريف ماهية الحركة المتسارعة . لقد نجح قاليلي هناك اين فشل ديكارت ولكنه بالمقابل فشل اين نجح ديكارت اي في صياغة مبدأ العطالة ومع ذلك فان اهمية اعمالهما كبيرة في تاريخ الفيزياء وفي انجاز الثورة الكوبرنيكية وتحطيم الكسموس الارسطي وبناء العالم الجديد عالم الحداثة العلمية وعالم

العقلانية الحديثة وعالم لا نزال نعيش آثاره . انه عالم الحداثة حيث يحتل العقل منزلة مشرع في الفكر وفي الطبيعة وفي المجتمع . وإن فهمنا لمبدإ العطالة انما هو فهم لأعمق ما يحرك الطبيعة : قوّتها وطاقتها وحركتها ، أي ما يجعلها طبيعة طابعة ومطبوعة كما يقول سبينوزا .

العقلانية الديناميكية وفيزياء نيوتن الرّياضية

استمر الانتعاش العلمي الذي بدأ في عصر النهضة ، وشمل انجلترا وجمع انحاء اوروبا ، ما عدا ألمانيا التي شهدت صراعات سياسية ودينية مريرة خلال النصف الاول من القرن السابع عشر كما شهدت ايطاليا انتكاسا في اعقاب محاكمات الكنيسة لغاليليو ، مما ادى الى إضعاف الحركة العلمية في ذلك البلد .

و من العلماء الذين لعبو أدوارا رئيسية في الثورة العلمية خلال القرن السابع عشر نذكر : توريشيللي (ايطاليا) ، وديكارت والديكارتيون (فرنسا) ، وبويل ، هوك ، هالي ، ونوتن (انجلترا) ، واخيرا هويغنز (هولندا) .

عاش اسحاق نيوتن في الفترة (١٦٤٢- ١٧٢٧) ، حيث ولد في نفس العام الذي توفي فيه غاليليو . درس نيوتن في جامعة كيمبريدج ، وكان على اطلاع تام على اعمال كيبلر وغاليلي وغيرهما ، وتوصل نيوتن الى نتائج هامة في الرياضيات والميكانيك والفلك في عام ١٦٦٦ (او حتى قبل ذلك) ولكنه تأخر في نشر هذه النتائج اكثر من عشرين عاما ،

نيوتن وعلم القوى : العقلانية الديناميكية .

عندما كتب غاليليو الصفحات الأولى من كتابه « الحوار حول

الأنساق العالمية الكبيرة » حوالي عام ١٦٣٥ ، ذكر مرتين ان هناك خطر في ان يسبق علم المنافسين الشماليين (وتجارتهم) . علم الايطاليين (وتجارتهم) وكم كانت نبوءته صحيحة ، والعالم الذي عناه غاليليو بذلك اكثر من غيره هو الفلكي يوحنا كبلر الذي جاء الى مدينة براغ عام ١٦٥٥ وهو في الثامنة والعشرين من عمره يمضي معظم سنواته الخلاقة هناك . فقد وضع كبلر القوانين الثلاثة التي حولت نظام كوبر نيكوس من وصف للشمس والكواكب بشكل عام الى معادلة رياضية دقيقة إلى نسق لحركة النظام الشمسي ! .

بين كبلر - اولا - ان مدار اي كوكب ليس دائريا تماما ، بل إنه عبارة عن قطع ناقص عريض وفيه تكون الشمس مبتعدة قليلا عن المركز ، اي أنها في احدى بؤرتيه ، وأوضح ثانيا ان الكوكب لا يجري بسرعة ثابتة ، اذ أن الثابت هو معدل السرعة التي يغطي بها الخط الواصل بين الكوكب والشمس المساحة الواقعة بين مداره وبينها . وثالثا برهن كبلر على ان الزمن الذي يستغرقه دوران كوكب ما لاتمام مداره - اي سنة - يزداد بازدياد معدل بعده (مسافته) عن الشمس ، بطريقة محدودة ودقيقة تماما .

هكذا كانت حالة الفكر العلمي عندما ولد اسحق نيوتن يوم عيد الميلاد من عام ١٦٤٢ ، وكان كبلر قد توفي قبل ذلك باثنتي عشرة سنة ، بينما توفي غاليلي في السنة ذاتها ، ولم يكن هذا التاريخ نقطة تحول بالنسبة للفلك فقط بل بالنسبة لكل العلوم ، فقد شهدت تلك السنة ولادة عقل جديد حقق الانتقال الحاسم من

المرحلة الوصفية في علم الفيزياء السينماتيكا ، التي ادت دورها في الماضي ، الى المرحلة الديناميكية ، مرحلة تعليل الظواهر وتفسيرها سببيا وبناء رؤية للطبيعة محورها مفهوم القوة .

وبجلول عام ١٦٥٥ تحول مركز ثقل العالم المتحضر من ايطاليا الى اوربا الشمالية ، والسبب الواضح لذلك ان طرق العالم التجارية قد تغيرت منذ اكتشاف امريكا واستغلالها فلم يعد البحر الابيض المتوسط مركز او وسط العالم كما يعنيه اسمه ، اذ انتقل وسط العالم كما حذر غاليليو الى حافة المحيط الاطلسي . ومع حلول انماط تجارية « التجارة الثلاثية » جديدة ظهرت تطلعات وافكار سياسية مختلفة ، بينما كانت ايطاليا ودول البحر الابيض المتوسط لا تزال ترزح تحت الحكم الفردي ، اذ تحركت هولندا سياسيا وتبعتها انجلترا حيث دخلت الانظمة البرلمانية وأقيمت على أساس نظرية العقد الاجتماعي .

و هكذا تطورت قدما افكار ومبادىء جديدة عند الامم البروتستانية البحرية في الشمال مثل انكلترا و(الأراضي المنخفضة) هولندا ، وكانت انكلترا في تلك الفترة تتجه نحو البرلمانية والبروتستانتية ذات النزعة النقية .

و جاء الهولنديون عبر بحر الشمال لتجفيف مستنقعات الاراضي الصلبة ، ونمت روح استقلالية في اراضي لنكولنشاير المنبسطة نحو الافق ووسط ضبابها ، حيث جند اوليفر كروميل فرسانه المتمرسين بالحرب ، وفي عام ١٦٥٥ اصبحت انكلترا برلمانية

بعد ان قطعت رأس ملكها الذي كان يجلس على العرش آنذاك بفكر توماس هوبز وفكر جون لوك .

و عندما ولد نيوتن في بيت أمه في وولز ثورب عام١٦٤٢ ، كان ابوه قد توفي قبل ذلك بعدة اشهر ، وبعد فترة وجيزة تزوجت والدته مرة ثانية ، وترك نيوتون في رعاية جدته ، ورغم انه لم يكن محروما من بيت يأوي اليه بالمعنى الدقيق ، الا انه عاش - منذ ذلك الحين - دون حنان الوالدين . وكان طوال حياته يعطي الانطباع بأنه لم يكن محبوبا ، ولم يتزوج ابدا ، ولم يبد عليه قط انه كان قادرا على الانفتاح على الصداقة والمحبة اللتين تجعلان النجاح والانجاز نتاجا طبيعيا للفكر الذي تشحذه رفقة الناس ومرافقتهم ، بل على العكس من ذلك كانت انجازات نيوتن فردية حققها بنفسه وحيدا في عزلة تامة ، وكان نيوتن يخشى دائما ان يسلبه الآخرون هذه الانجازات كما سلبوه (حسبما كان يتصور) امه . وليس لدينا علم عنه عندما كان طالبا في المدرسة او في الجامعة .

و كانت السنتان اللتان تلتا تخرج نيوتون من جامعة كامبردج ١٦٦٥- ١٦٦٦ سنتي طاعون . ولذلك قضى نيوتن وقته في البيت في الأيام التي أغلقت فيها الجامعة أبوابها (بسبب الطاعون) .و في تلك الاثناء ترملت والدته مرة ثانية وعادت الى وولزثورب . وهنا وجد نيوتن ، « كنزه » : الرياضيات .

و الآن ، وبعد الاطلاع على كل اوراقه ، نجد من الواضح ان نيوتن قد تعلم جيدا ، وأنه توصل الى برهنة ما عرف من رياضيات

بنفسه ، ثم انطلق من ذلك الى تحقيق كشف اصيل ، فقد ابتدع فكرة معدل دفق Flux التغير المستمر في الرياضيات ؛ وهو ما يسمى اليوم بحساب التفاضل والتكامل ، وقد احتفظ نيوتن بهذا الاكتشاف لنفسه واستخدمه في الوصول الى نتائجه ولكنه كان يكتب تلك النتائج بلغة الرياضيات التقليدية .[1]

لقد قام نيوتن بدراسة القضايا الفيزيائية التي بقيت معلقة مع كبلر وعلم البصريات .و صاغ نسقا من المفاهيم والبرهنات على الطريقة الإقليدية . وكل هذا البناء النظري مدين في حدود ما الى النتائج العلمية التي سبقته حيث نشرت مألفة لأول مرة في كتابه الشهير « المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية Principia Mathématica» في عام ١٦٨٧ . وفي هذا العمل العظيم ، قدم نيوتن قوانينه الفيزيائية الثلاثة في الميكانيك ، كما قدم قانونه عن الجاذبية الكونية (gravitation Universelle) وتحديد مفاهيم الزمان والمكان والأثير والحركة والسرعة والتسارع والكتلة والقوة ونظم مؤلفة تنظيما هندسيا .

قوانين دينا ميكا نيوتن .

تعتمد قوانين نيوتن على مفهوم القوة ومفهوم الجاذبية وتنطلق من مبدأ العطالة . تتكوّن قوانين ديناميكا نيوتن من :

القانون الأول :و يسمى قانون العطالة وهو ينص على أ)

---

1 لقد توصل لايبنتز الى نفس الاكتشافات الرياضية في نفس المرحلة .

يبقى كل جسم في حالة السكون او الحركة ما لم يجبر على تغيير حاله . وب) يتحرك جسم العطالة في حركة منتظمة في مسار مستقيم ، الا اذا اجبر على تغيير ذلك المسار من قبل القوى موثرة في محيطه وهذا القانون هو قانون قاليلي ديكارت مأولا تأويلا ديناميكيا . بعد أن كان مبدأ العطالة يأول تأويلا حركيا سينيماتيكيا .

القانون الثاني : وهو قانون القوة La force . إن لفظة ديناميس Dunamisاليونانية تعني القوة التي تفعل شيئا . إن مفهوم القوة النيوتني هومفهوم رياضي يعني أن معدل التغيير في الاندفاع (كمية الحركة Momentum) يتناسب مع القوة المؤثرة، ويكون في اتجاه هذه القوة . (أو القوة المؤثرة على الجسم تساوي الكتلة x التسارع) . . $\vec{f}=\vec{m}\,x\,\vec{a}$.

القانون الثالث : قانون تساوي الفعل ورد الفعل . ويعادل قانون رد الفعل أو يساوي الفعل في المقدار ويعاكسه في الاتجاه ، اي ان تأثيري جسمين على بعضهما البعض متساويان دائما ومتعاكسان في الاتجاه $\vec{f}=-\vec{f}$.

اما القانون الرابع الذي يوحد عالم نيوتن فهو قانون الجاذبية الكونية $\vec{F}=\vec{k}\,\frac{m1xm2}{r2}$ ان القانونين الاول والثاني كانا معروفين من قبل غاليليو وهويغنز وديكارت وغيرهم . اما القانون الثالث فيعود الفضل فيه الى نيوتن وحده اذ ان الذين سبقوه لم تكن

لديهم فكرة واضحة عن هذا الموضوع ، وعن قوى التفاعل بين الاجسام . وقد ابتكر نيوتن مفهوم الكتلة لصياغة نظرية ديناميـة للكون وللحركة خاصة بصياغة فيزياء رياضية .

و على كل حال فان الفضل يجب ان يعطى لنيوتن للوضوح الذي وضع فيه كل هذه القوانين وبالانسجام المنطقي الموجود بين هذه القوانين ، خصوصا وانه ابرز الدور الواضح الذي تلعبه القوى في الحركة ، وهو المجال الذي يعرف الآن بعلم « الديناميك Dynamique » كما ان نيوتن ابرز دور الكتلة في القانون الثاني، حيث ان الاندفاع يساوي الكتلة X السرعة وكان اول من وضح الفرق بين الوزن والكتلة والعلاقة بينهما (بواسطة القانون الثاني) .

ان قوانين نيوتن لا تزال تشكل المعادلات الرئيسية التي تصف حركة الاجسام العادية حتى يومنا هذا . انها حقا الاساس لعلم الميكانيك في فروعه المختلفة .

اضافة الى قوانين الديناميكا ، قدم نيوتن في كتابه «المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية » ما سمي بقانون الجاذبية الكونية (Gravitation Universelle) . وهذا القانون في صيغته الحالية يقر ان اي جسمين يتجاذبان فيما بينهما بقوة تتناسب طردا مع مظروب الكتلتين وعكسا مع مربع المسافة الفاصلة بين مركز ثقل الجسمين . اي ان القوة تتناسب مع الكتلة الاولى في الكتلة الثانية على مربع المسافة ، ويكون اتجاه هذه القوة على الخط المستقيم بين

الجسمين . وتعرف هذه العلاقة بقانون التربيع العكسي ، وقد تمكن نيوتن ، بعد اكتشافه لهذا القانون ، من شرح عدة ظواهر طبيعية هامة :

١- التسارع الجاذبي عند سطح الارض . استطاع نيوتن ان يشرح لماذا يتسارع جسم ما شاقوليا عند سطح الارض . واستطاع باستخدام القانون الثاني وقانون الجاذبية الكونية ان يحسب قيمة التسارع الثقالي على سطح الارض بواسطة كتلة الارض ونصف قطرها . ووجد نفس القيمة التجريبية التي كان توصل اليها غاليلي وغيره سابقا (اي حوالي ٩.٨ مترا / ثانية x ثانية) .

٢- دوران القمر حول الارض : تمكن نيوتن من اعطاء شرح واف لدوران القمر حول الارض . الارض تشد القمر نحوها بواسطة قوة الجاذبية . وهذه القوة ضرورية لأن القمر في حركته الدائرية يتسارع باستمرار نحو الارض بتسارع يدعى التسارع الجاذب نحو المركز (acceleration Centripete) . وقوة الجاذبية ضرورية لتأمين هذا التسارع كما يتطلب قانون (نيوتن) الثاني هذا التسارع المركزي ، في الحركة الدائرية ، اصبح واضحا (لنيوتن) فقط بعد تفكير طويل حول الموضوع .

٣- دوران الكواكب حول الشمس : قام نيوتن بتطبيق قانون الجاذبية الكونية والقانون الثاني على حركة الكواكب حول الشمس التي تشد الكواكب نحوها واستطاع ان يثبت رياضيا صحة جميع قوانين (كيبلر) ، بما فيها القانون الثالث ، الذي يعبر عن العلاقة

بين الدور ونصف قطر المدار .

و يبين ايليا بريقوجين بمعية ايزابيل ستنجرس ان عمل نيوتن في قانون الجاذبية في اللحظة التي برهن نيوتن فيها هذه النظرية الرائعة (التي كانت غير متوقعة) اصبحت ميكانيكية الكون واضحة ومجردة أمامه وأقام العلم حقا . [2]

و رغم الإبداعية والعمق والتنوع في أعمال غاليليو وغيره من العلماء ، فان معظمها كان متعلقا بأنواع خاصة من الحركة . أما عمل نيوتن فيختلف عن ذلك كثيرا . انه ينطبق على جميع الحركات وجميع الاجسام ، سواء اكانت على الارض ام في السماء [3] : . ان عمله لا يزال جملة وتفصيلا الأساس في علم ديناميك الاجسام . ا نظرية نيوتن الشاملة في الميكانيك والفلك والتي تعرف الان بالتركيب النيوتوني الكبير La Grande systhése.[4]

فما هي هذه التوليفة أو التركيب النيوتني ؟

---

2 Ilya Prigogine et Isabelle Stengers La Nouvelle Alliance Ed Gallimard 1979 P 43 .

3 مرجع سابق - ص : ١٥٣ .

4 Ilya Prigorgogine, Isabelle Etengers: La nouvelle Alliance. Gallmard 1978 .

التوليف أو التركيب النيوتني

إنطلق نيوتن صراحة من مسألة كبلر الفلكية أو الواقعة الفلكية . إن الأفلاك تدور حول الشمس فماذا يعني إستقرارها واستمرارها ؟ إنها مشدودة إليها بواسطة قوة جاذبة نحو المركز Centripete والتي تقاوم القوة النابذة عن المركز والتي تحدث عند دوران الأجسام لكن ما هي هذه القوة ؟

للإجابة على هذا السؤال لا يجب حسب نيوتن أن نبحث في تحديد طبيعة القوة بل يجب البحث في شدتها Intensite. يجب أولا تحديد القوة الدافعة عن المركز ثم إنطلاقا من قوانين كبلر حساب القوى الدافعة عن المركز وهو ما أنجزه نيوتن عند انتشار الطاعون في السنوات 1666، 1665 لقد قدم الحساب قانون الجاذبية .

لكن الجاذبية تتطلب تحويلا في مفهوم الطبيعة . إن الطبيعة الآلية والمليئة يجب أن تحتوي على الفراغ . إذ أن الجاذبية لا يمكن أن تكون قوة فيزيائية لها مفعول بين الأجسام إلا بوجود الفراغ Le Vide. فعلى نقيض ديكارت والديكارتيين يشدد نيوتن على أن الفراغ هو ما يجعل الجاذبية فاعلة لحظيا وفاعلة عن بعد .

لقد رفّض ديكارت والديكارتيون الجاذبية كإحيائية في رسالة

الى مرسين [5] « إذ يتطلب الأمـر أن الجسم أ يجب أن يعرف مكان الجسم ب حتى يجذبه »و هذا يعني العودة إلى الغائية التي رفضتها الآلية الديكارتية .

إن عالم نيوتن ملئ بالفراغ ،فراغ بين الكواكب وفراغ حتى في الأجسام الصلبة . إذ يرى نيوتن مثل بويل Boyle أن الطبيعة مكتوبة بحروف جسيمية Corpusculaires ولكنه تبعا لسنة قاليلاي وديكارت يعتقد أنها مكتوبة بحروف رياضية .

لقد عاد نيوتن الى النظريات الذرية . إن الأجسام ليست متلاحمة مع بعضها البعض بل يشقها الإنفصال والتفكك وإن ما يربطها ويوحدها حقا هو قانون الجاذبي الكونية . فالجاذبية تصل كل جسم بجسم آخر وبقية الأجسام والعكس بالعكس . وتقع الجاذبية بين جزيئات الأرض وأفلاك السماء .

صاغ نيوتن نظرية وجود - أنطولوجيا - جديدة لكون متصل ومنفصل مليئ وفارغ تحكمه الجاذبية . فقانون الجاذبية توحيدي لكل أجزاء الكون ينطبق على الجسيم والجسم . ولكن كيف تحدث الجاذبة في ميدان الفراغ أوليس الفراغ عدما ؟

يبين ألكسندر كويري في مؤلفه حول نيوتن « دراسات نيوتونية» « لم يعتقد نيوتن أبدا أن الجاذبية قوة فيزيائية . إنها

Rene Descartes Lettre A Mersenne Le 20 Avril 1646 .5

مجرد « قوة رياضية » . [6] ومن الغريب أن كل تلامذة نيوتن إعتبرو الجاذبية واقعة فيزيائية . إنها حجر زاوية التصور الديناميكي للكون وقد ظل هذا التصور النيوتني انجيل الفيزياء لمدة قرنين .

و لقد زادت فيزياء نيوتن في تدعيم فكرة بساطة الطبيعة بما أن الجاذبية بسيطة وهي ماهية الترابط فإن حاصلها بسيط . وفي صددطبيعتها لا يصوغ نيوتن أية فرضية . لقد كانت النيوتنية تعتقد في وجود إلاه فالالاه يعوض الطاقة الضائعة إنه حافظ وبهذا نفهم كيف أن فرضية نيوتن في الالاه سيقع تجاوزها من قبل لابلاس الذي لم يحتج الى إلاه « لم أكن في حاجة الى تلك الفرضية » كما ردد لابلاس أمام نابوليون . [7]

فيزياء نيوتن الرياضية

لقد قام نيوتن بثورة في العلم كانت أعمق شأنا من ثورة جاليلاي وكوبرنيك. فبينما غيرجاليلاي نظام الكون ومراجعه

---

6 Alexandre Koyre Etudes Newtoniennes Gallimard 1968 P 36 .

7 نفس المرجع ص 40 .

غـيـر نيـوتن نظام تصـور الكون ومنهـج إنتـاج العلم بأن حـوّل الفيـزياء علما إفتـراضيـا وإستنتاجيـا خاضعا إلى مجوعة من النظريات المكونة من مفاهيم أساسية.

تطال ثورة ثورة نيـوتن أسس الأسناد المفـهـومـيـة والمنهج. وبالفـعـل بين تومـاس كـوهن [8] أنه رغم كـون مـفـهـوم الثـورة الكوبرنيكية يقدم في صيغة المفرد فإن الحدث متعدد الأبعاد . لقد كانت نواة مفهوم الثورة تحول علم الفلك الرياضي ، لكن --هذا التـحـول كـان يشـتـمل على تحـولات نظام مـفـاهيم الكسـمـولوجيـا والفـيـزيـاء والفلسـفـة وكـذلك الأمر في ميـدان الدين . فـالمميز الفـاصل لثـورة نيـوتن عـمـا سـبـقـها هو تـأسيس الفيـزياء الرياضـيـة، أي القـيـام بثـورة ضـاهرة المعـالم في منهج الخطاب العلمي وآسلوبه.

فـثـورة كـوبرنيك كـانت :"ثورةفي البنيـة المفـهـومـيـة للكون". [9]
أما جـوهر ثورة نيـوتن فـهـو يكمن كـمـا بـين ذلك الأسـتـاذ برنار كوهن في إستنبـاط : "الأسلوب النيوتوني" [10] Newtonion Style ويمكن مـلاحظة الأسلوب النيـوتوني بكل جـلاء عند

---

1) Thomas -S- Kuhm : La Revolution 8 Copérmicienne Paris Fayard 1973 PV.

Edward Rosen : Three copermician treatises 9 THIRD edition Mew-York Octagon Books 1971 Preface.

J. Bernard Cohen : Revolution In SCience 10 Cambrige. Massachusetts and London England 1985. P 165.

معالجة نيوتن لقوانين كبلار في كتاب «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية».

في كتاب «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية» يبدأ نيوتن ببناء نظري محض أو نظام متخيل [11] وهذا النسق أو البناء النظري ليس مجرد حالة بسيطة في الطبيعة أو مبسطة أنه نسق كلي مخترع لكي لايوجد في الواقع أبدا. ولكنّه آية في قدرته على كشف الواقع وبيان أليات وتحوّلاته

ويعني الواقع في فكر نيوتن واقع التجارب الفيزيائية الذهنية. وتؤخذ التجارب الخيالية كواقع أو كتجارب ذهنية. وهذا التقليد ليس جديدا في حد ذاته بل يرجع إلى جاليلاي. غبر أن علاقة التطيق والتكوين التي أقامتها ديناميكا نيوتن جديدة كل الجدة . وهي الأسلوب أو المنهج في الفيزياء الرياضية النيوتونية إذ تشكل تشكل علاقة الرياضيات بالفيزياء شرط إنتاج خطاب في شكل كتاب يتسلسل نظام مفاهيمه وقضاياه وبرهناته ونظرياته وفق نظام نظري. فما هي الفيزياء الرياضية النيوتونية؟

بادئ ذي بدئ ما هي علاقة الرياضيات بالفيزياء وما هي الفيزياء الرياضية؟

علاقة الرياضيات بالفيزياء :

---

11 J-Bernard Cohen. The Newtonian Révolution. Cambigé University Press 1983 P et SS.

عند معالجة قضية علاقة الرياضيات بالفيزياء يطرح الفلاسفة والعلماء أزواجا من المتقابلات كنوع من الحلول لهذه العلاقة. فالتقابل بين النظرية التطبيق والتجربة النظرية الواقع واللغة والعيني والمجرد والوقائع (العلمية) القوانين العلمية.

ورغم اختلاف الأطروحات وتناقضها فان الغالبية العظمى للاتجاهات الإبستمولوجية تتفق على اعتبارالرياضيات لغة أو هي لغة خاصة [12].

وانطلاقا من هذه الأطروحة الأولى تنبني علاقة الرياضيات بالفيزياء باعتبارها علاقة تطبيق باعتبار أن الفيزياء الرياضية تطبيق للرياضيات في مجال الفيزياء (تطبيق الحساب على الظواهر وفي المخابر وفي أساليب الإستدلال).

ويعني التطبيق في بداية الأمر طريقة تمثل الظواهر من قبل العالم حيث يقيم علاقات تقابل بين بنية الرموز وبنية الوقائع.بين الدال الرياضي س،ص (.X.Y)و المدلول المعطى التجريبي. وتصاحب هذه الآلية آليات الصياغة الكمية وصياغة العلاقات في دوال. وتنضيد مستويات العلاقات في

12 Jean Marc Levy Leblond : Physique et Mathématique. Article In Penser Les mathématiques. Paris Seuill 1982 P 196.

استدلال رياضي يخضع لترتيب هو نظام تحول الظواهر. فنظام الاستدلال على المستوى الصوري يكافئه نظام الظواهر المدروسة. وتظهر الرياضيات كأداة لها علاقة خارجية مع الظواهر .

فالظواهرية Phémonènisme تجعل من الرياضيات قوالب تصوغ الذات فيها ما تدركه أو تتمثله من الظواهر. وفي هذا الطرح الذي تجده لدى فرنر هايز نبرغ مثلا [13] تصبح الرياضيات وسيلة تدخل تقني للصياغة الكمية وإقامة العلاقات. وتكون العلاقة واضحة بين مجال التطبيق وأداة التمثل (الرياضيات الخاصة بالميدان).

وفي الواقع فإن علاقة المفاهيم الفيزيائية بالرياضيات أعقد بكثير من هذا الطرح. أولا من الصعب العثور على مفهوم فيزيائي لا ترتبط بعدة مفاهيم فيزيائية. فكيف يفهم مفهوم السرعة من دون مفاهيم الإشتقاق، أو مفهوم المجال دون تصور المتجهات فالرياضيات مستبطنة Interiorisée من قبل الفيزياء.

و ثانيا لا يمكن فصل المفهوم الفيزيائي "عن "صيغته

---

13 Werner Heisenberg : Physique et Philosophie Albin Michel. Paris 1976 P 122 et SS.

"الرياضيـة. وهذا الموقف مجاور لموقف قاسـتـون باشلار[14] الذي يتـحدث عن "ترييض تصاعدي وديناميكي مهـيمن على تاريخ العلوم" [15]

فالمفهوم الفيزيائي لا يمكن إختزاله في المفاهيم الرياضيـة وإلا فقدت خصوصيتها الرياضية وإنعدمت الفيزياء الرياضية من جهة أخرى فالمفهوم الفيزيائي ليس مفهوما رياضيا وشيئا آخرمضاف إليه.

وثالثا ليس المفـهـوم الرياضي هيكلا عظمـيـا للمـفـهـوم الفيزيائي الذي يمنحه لحمه. كما أن المفهوم الرياضي ليس قالبا مـجـردا تمنحـه الفـيـزياء مـحـتـواه العـيني. فـالرياضـيـات لهـا ديناميـتـهـا الخاصـة وكـذلك المفـاهيم الفـيـزيائيـة وتظهـر هذه الديناميكيـة بكل جلاء فـيـمـا يمكن تـسـمـيـتـه بتـعـدد الأشكال الرياضية. Polymorphisme Mathematique.

يقصد بتعدد الأشكال الرياضية تمتع كل القوانين والمفاهيم الرياضيـة بقـابليـة صيـاغـتـهـا في أشكال رياضيـة مـتـعـددة. فـالحركـة المستـقـيـمـة والمنتظمـة يمكن التـعـبـيـر عنهـا هندسـيـا كمجموعة من الأمكنة المتساوية تقطع في أزمة متساوية. كما يمكن صـيـاغـتـهـا بشكل وظائفي كـتـلازم dépendance

---

14- Gasion Bachelard : L'Engagement Rationaliste P-U-F. Paris 1972 P 89 et SS.

15- Ibid P. 115.

fonctionnelle بين المسافة المقطوعة في علاقتها بالزمن. كما يمكن أخيرا البيان عليها بإعتماد التفاضل كما فعل نيوتن كسرعة ثابتة أو إنعدام للتسارع وتتكافئ الصيغ فيما بينها لتكافؤ الدلالات المدلولات الرياضية ولكنها ليست متكافئة فيزيائيا.[16]

وتحيل كل صيغة إلى موضع نظري أو مرحلة من تطور الفيزياء بذاتها وفي علاقاتها بالرياضيات. وتفسر هذه الوضعية إلى حد ما صعوبة صياغة الفيزياء أكسيوميا. فالقوانين والمبادئ لها من سرعة تبادل الأدوار ما يجعلها غير قابلة لصياغة أكسيومية ثابتة المبادئ.فحركية المفاهيم والقوانين في الفيزياء أسرع بكثير من حركية المصادرات ، المبرهنات الرياضية [17].

في معنى الفيزياء الرياضية.

يمكن بعد هذه التحديدات الأولية تعيين طبيعة الفيزياء الرياضية ومكانتها والفوارق بين الفيزياء الرياضية والفيزياء التجريبية .

في البداية ما هي الفوارق القائمة بين الفيزياء التجريبية والفيزياء النظرية والفيزياء الرياضية ؟ وبتعبير آخر ما هي

16 Marie Bunge Epistémologie. Maloine Paris 1983 P. 84 et SS.

17 Pière Duhem : La Théorie Physique Son objet Sa Structure. Paris Vrin 1981. P 273 et SS.

خصوصية الفيزياء الرياضية؟

بصفة تخطيطية ومختصرة تسعى الفيزياء النظرية إلى إستخراج القوانين وتطبيقها بالتفاعل مع الفيزياء التجريبية المخبرية. وتشترك الفيزياء الرياضية مع الفيزياء النظرية في سيرورة تكونهما : "من مجموعة الإستدلالات التي تتعلق بالظواهر الفيزيائية،"[18] وتتدخل الرياضيات بشكل مكون وموجه في كل الإستدلالات. ويبرر هذا الإستعمال للصياغة الكمية وإستعمال الرياضيات بإستعمال الأدوات والأجهزة المخبرية في الفيزياء التجريبية. وتهدف : "إستدلالات الفيزياء النظرية إلى ربط شتات المتغيرات variables العددية. "[19]

فالفيزياء الرياضية كما الفيزياء النظرية تتكونان من مجموعة الإستدلالات الكمية والعلائقية والهندسية المتعلقة بالظواهر الفيزيائية. وإذا كان القاسم المشترك قائما عما هي وجوه التمايز بين الفيزياء النظرية والفيزياء التجريبية؟

بالنسبة إلى رانكين Rankine : تتحول الفيزياء التجريبية إلى فيزياء نظرية إثر اكتشاف نظام بسيط من

18 Jean Louis Destouches. La Physique Mathematique. Paris P-U-F 1969. P 9.

19 Ibidem.

المبادئ بمقدورنا أن نستنبط منه القوانين التي تصوغ التجربة"[20] فالطابع الإستنباطي هو المميز الخصوصي للفيزياء النظرية ولكنه ليس الوحيد. يكتب لوي دوبريوي Louis de Broglie «يوجد سبيلان لاإعتبار النظريات الفيزيائية. إذ يمكن أن نهتم بمعناها الملموس، وبقدرتها التفسيرية للوقائع الفيزيائية، والآفاق التي تفتحها في إدراك طبيعة العالم الفيزيائي. كما يمكن أن نعتبر النظريات الفيزيائية على العكس من ذلك على نحو مجرد Abstrait : أي البحث عن إسخراج بنيتها المنطقية وتنظيمها من وجهة نظر عامة وكذلك علاقاتها المتبادلة. وقد إقترح التمييز بين هذين الوجهتين لوصفه تفريقا للفيزياء النظرية في المعنى الأول ... عن الفيزياء الرياضية في المعنى الثاني »"[21].

وإذا أقمنا مقارنة بين طرح رانكين وطرح دوبروي تستنتج بسرعة أن الإختلافات بين الفيزياء الرياضية والفيزياء النظرية قائمة ضمن المعطيات التالية :

أ) - فبالنسبة إلى دوبروي لا تهتم الفيزياء الرياضية بدراسة قانون تلازم بين الظواهر. إنها دراسة الأطار المنطقي

---

20 Abel Rey La Théorie Physique Chez Les Physiciens contemporains. Paris Alcan 1923 PP 29-30.

21 Louis de Broglie : Préface à "Les principes dela Mécanique Générale de Louis Destouches (Actualités Scientifiques. fase 140 Hermann Paris 1934.)

والرياضي للفيزياء النظرية والمكانيكا منظورا إليه بصفة مجردة من وجهة النظر المنطقية.

ب) - تكون الفيزياء النظرية في مستوى من التجريد أقل من مستوى الفيزياء الرياضية. فتعميم الفيزياء النظرية أكبر وينسحب على مجالات شاسعة.

فمكانة الفيزياء الرياضية أكثر قربا من عالم الوقائع الفيزيائية التجريبية وأقل تجريدا من الفيزياء النظرية. وإنطلاقا من هذه التحديدات الإبستمولوجية سنحاول دراسة جانب من الفيزياء الرياضية النيوتونية والتركيز أساسا على قوانين كبلار وقانون الجاذبية التي تعد الهيكل الأساسي لهذه الفيزياء.

الرياضيات في كتاب المبادئ.

يشكل إكتشاف قانون الجاذبية منعطف الثورة العلمية. وعندما قام نوتن باخضاع ظواهر الكون لهذا القانون - بما في ذلك أهم ظاهرة ملاحظة في الفيزياء السقوط الحر فإن نوتن قام بتوحيد وجودي ورياضي لليكانيكا السماوية والمكانيكا الأرضية على أساس قاسم مشترك : التصور الرياضي للطبيعة وللخطاب العلمي الفيزيائي الرياضي. وبنفس العملية تجلت دلالة قوانين كبلار الثلاثة حول الحركة الكوكبية وحل مشكل مصدر جزر البحر ومده. وفسر قانون السقوط الحر الذي يبين أن حركة الأجسام لا تخضع في سرعتها لثقل الجسم بل لشئ

مبهم قاسه فاليلاي بثابت السقوط ولم يحدد ماهيته . وبهذا الإنجاز الكبير قام نوتن بتحقيق حلم كبلار : خلق فيزياء مؤسسة على السببية.

ولم تحصل هذه الثورة في الفيزياء الرياضية إلا إثر زخم هائل من الجهود الرياضية وإنطلاقا من تحولات في مجال الرياضيات إثر نشأة حساب التكامل والتفاضل وتحول مفهوم الجاذبية إلى مفهومخ علمي [22] كما بين ذلك الكسندر كويري في كتابه "دراسات نيوتونية".

تحتوي أعمال نيوتن على عدة توليفات رياضية تتعلق بمعاصريه من الرياضيين أو السابقين عليه ولكن شغل نيوتن الشاغل على المستويين الرياضي والتجريبي هو تكوين نموذج هندسي للقوانين الفيزيائية ويكون في ذات الوقت تركيبا لقوانين كبلر وقوانين نيوتن تفسع بإعماد التحليل والهندسة كمنهج لبناء الخطاب العلمي وإنتاجه. ونموذج نيوتن الفيزيائي والرياضي يمكن متابعة في تكونه في ثنايا كتاب "المبادئ" يكتب نوتن إلى صديقه ميزو Maizeaux لقد كتبت كتاب المبادئ في السنوات 1684-1685-1686. وعند كتابته إستعملت كثيرا طريقة التفاضل Fluxions المباشرة

22 Alexandre Koyré : Etudes Newtoninnes, Paris, Gallimard 1968 PL 12 a 24

والعكسية. "[23]. ويستعرض نيوتن أدواته الرياضية ويدعها في المأخوذات Lémmes (وهي قضايا تمهيدية مفروضة صحتها يؤتى بها لإثبات قضية أخرى) من I إلى IV من القسم الأول لكتاب المبادئ [24].

تحتوي المأخوذة الأولى على مبدأ حساب الحدود Calcul des Imites وتضم المأخوذات من II إلى V تبرير حساب التكامل حيث يقع تبني مفهوم المساحة Aires كمفهوم أولي.

أما بقية المأخوذات من IV إلى IX فهي تعتني بالقضايا الأساسية للهندسة اللامتناهية Géométrie Infinitésimale

وفي المأخوذة X ينطق نيوتن بكلمة fluxio بمناسبة قانون الأمكنة التي يشقها جسم ما بفعل قوة محدودة ما. وهذه القوة المحدودة تآثر في الجسم بواسطة دفع بسلطة في اللحظة الأولى من حركته [25]. ولقد إبتدع نيوتن طريقة عامة لإيجاد جذور معادلةالتحليل وحدودها .

ويشكل عام تكمن قوة الأسلوب الرياضي النيوتوني في

---

23 .Lettres a des Maizeaux, 1718 Correspondances VI P 454.

24 J. Newton Principes Mathématiques de la philosophie naturelle. Livre tPremier PP 35-91

25: François De Garant : Duration Fluxio, Acquatio 18) Trois Aspects du Temps Newtonien Articles in Archives de philosophie n° 44 1981 PP 353 - 370. P 316 et SS.

أنها تجعل من الممكن دراسة القوى إنطلاقا من التحليل الرياضي. ينطلق نيوتن من نقطة لها كتلة في حقل قوة مركزي ويستنتج قانون المساحات. وبعد ذلك يضيف شروطا أخرى لجسم ثان يتفاعل مع الجسم الأول وفي نفس الهيئة وعين التركيب ليستنتج قوانين الجاذبية الكونية. ويلاحظ روني توم : أن فلاسفة العلم ومؤرخوه ما فتئوا يتسائلون : هل أن نيوتن قد اكتشف الجاذبية بوصفها "تفسيرا" أو "وصفا" ؟وفي نظري فان الإجابة بسيطة : ان قانون الجاذبية تفسير من طبيعة بنيوية في حدود أنها تمكننا من وصف سريع لمورفولوجيا تجريبية (حركة الأجسام السماوية ، سقوط الأجسام الخ...)" [26].

خاتمة :

تعتبر اعمال نيوتن تتويجا ونهاية للعمل الفلكي في القرن السابع عشر وتوليفا لبحوث كوبرنيك وجوردانو برونو وجوهان كبلر وعلماء الرياضيات والمبادئ العقلانية العامة للفيزياء ، وهي تتجاوز اطار علم الفلك كما تتجاوز اطار الميكانيك . وإذا كان نيوتن قد قال « اذا كنت قد رأيت ابعد من الآخرين

26

21) René Thom : Paraboles et Catastrophe Paris Flammarion P 12.

، فذلك لأني صعدت فوق اكتاف العمالقة » فلأنه كان على وعي بعظمة صرح بنائه الفكري .

اذا كانت افكار نيوتن هي ثمرة تأمل عميق ومنعزل ، فاننا نفهم بصورة افضل مداها اذا ذكرنا كيف كان سابقوه وبخاصة كبلر يطرحون مسألة الجاذبية الارضية والجذب الكوني بعبارات المغناطيس .

اثبت آ . كويري A. Koyré انه اذا كانت الجاذبية الارضية ، والجاذبية الكونية تبدوان لنا مرتبطتين ، ان هذه الشراكة الطبيعية لم تكن تبدو كذلك لرجال القرن السابع عشر ولا لينوتن ايضا : ان الجاذبية الارضية ملموسة مباشرة اما الجذب الكوني فهو عمل من بعيد ، لا يمكنان يوجد الا بين اجسام توصف بانها متشابهة .

ويصرح كبلر في كتابه استرونوميا نوفا ، Astronomia Nova = علم الفلك الجديد 1609 ، ان الجذب المتبادل بين الاجسام ذات الوزن هو اساس نظرية الجاذبية الارضية ،و ان هذا الجذب يتناسب مع الضخامة او جرم الاجسام . ولكن هذا الجذب المتبادل يبدو له ممكنا فقط بين اجسام من ذات العائلة ، مثل الارض والقمر، لا بين الارض والكواكب ، وبصورة خاصة لا بين الشمس والكواكب الاخرى : ان الشمس هي ذات مفعول متحر ك (

كان كبلر يجهل مبدأ العطالة ومبدأ استمرارية الحركة وفي نظره كان يقتضي وجود قوة ذات منشأ مغناطيسي او شبه مغناطيسي) .

اما مفهوم الجذب الذي يقتضي فعلا من بعيد ، فقد انكره ج . آ . بوريلي G.A.Borelli (1608-1679) . ولكن كتابه تيوريكامديسا . . . (فلورنسا 1666) يشير الى قانون العطالة والحركة الدائرية بين الكواكب تجر وراءها وجود قوة نابذة يجب ان تعادل القوى الجاذبة .

و يقتضي قانون العطالة ايضا ان يكون الفضاء لا متناهيا ومتجانسا . وهنا يصيب بوريلي الهدف تقريبا . ولكنه لا يصل اليه لانه يرفض فكرة الجذب ولان معارفه الرياضية الناقصة لا تسمح له بان يستمد كل النتائج .

و بدون ان يعرف ، على ما يبدو ، أفكار بوريلي ، وضع معتصم ولستورب Woolsthorpe (نيوتن) بصورة كاملة حساب القوى النابذة والجاذبة .و استخرج من حركة الكواكب ماهية زخم القوى الجاذبة التي تعادل القوى النابذة ، من اجل الاحتفاظ بشكل دائم ، باكواكب في مداراتها وعمم مفهوم الجاذبية .

و هكذا وجد ان الشمس تجذب الكواكب بمعدل عكسي

لمربع المسافة بينها . فضلا عن ذلك بعد ان قارن جذب الارض للقمر ، وقوة الجاذبية التي تهبط بالاجسام فوق سطح الارض ،استطاع ان يحدد بشكل عام ماهية هاتين القوتين .

و مهما بدا هذا العمل عبقريا ، يبقى غير كامل ، ولم تخف هذه الصفة على نيوتن الذي لم يشأ ان يعلنها : وضع قانون الجذب على اساس عكس مربع المسافة ، مفترضا ان حركة الكواكب دائرية . ومن جهة اخرى ان المقارنة الدقيقة بين الجاذبية الارضية والجذب السماوي يتطلب معرفة قانون جذب شيء (الجسم الثقيل) من قبل كرة ملآنة ، (الارض). وكان من الواجب ايضا ، وان كان هذا اقل اهمية ، الحصول على قياسات دقيقة حول زخم الجاذبية ، وحول شعاع الارض .

و اخذ فكر نيوتن يتصاعد ببطء ، ضمن هذا المجال من الميكانيكا ، وبذات الوقت اخذ يعمق اعماله حول البصريات . في هذه الاثناء اخذ يتمثل تدريجيا كتاب هويجن (تأرجح الرقاص ، 1673) . وحملته المناظرات مع هوك (1635- 1703) الى استعادة مجمل الموضوع ، وفي كتابه الذي صدر سنة 1674 بعنوان : « محاولة لاثبات حركة الأرض » اعتمد هوك بصورة نهائية قانون العطالة ، واعاد النظر بفكرة الجذب المبادل بين الكواكب والشمس دون ان يستطيع التوصل الى قانون الجذب .

وفي سنة 1680 عاود نيوتن النظر في تفسير حركة الكواكب ، ولكنه هذه المرة اعتبر الحركة بيضاوية ، وانها مسببة ، بفعل قوة مركزية ، الجذب من قبل الشمس على الحركة المستقيمة التي تحدث بفعل العطالة فقط . وعندها برزت امام عينه نتيجتان اساسيتان ، وفي الحال :

1- كل حركة خاضعة لقوة وحيدة ومركزية تخضع الى قانون المساحات (القانون الثاني عند كبلر) .

2- اذا كان الفعل المركزي متناسبا عكسيا مع مربع المسافة ، فان المسار هو مخروط ، احدى بؤره تقع في مركز الجذب . (القانون الاول عند كبلر) .

و بين نيوتن ايضا ان قوانين كبلر تؤدي ، عكسيا الى القول بأن قوة الجذب تتجه نحو المركز وان زخمها يتناسب عكسيا مع مربع المسافة . واخيرا جر قانون الجذب هذا قانونا ثالثا (الهرمونيك = الانسجام) .

و بعد 1684 اعلن نيوتن ، في كتيب اسمه الدافع = ديموتو De motu ، قدمه هالي الى الجمعية الملكية ، مجمل هذه النتائج . ولكن كان هناك حلقة أساسية ناقصة في هذا البناء . وف سنة 1685 فقط استطاع ان يحكم تماسك نظريته فقال : من اجل جذب يتناسب عكسيا مع مربع المسافة ، ومن اجل قانون الجذب هذا فقط ، يساوي جذب

جسم من قبل كرة ملآنة ، الجذب الذي تحدثه كل ماهية الكرة اي جرمها المتمركز في مركزها .

و لكي يثبت نيوتون ذلك توجب عليه ان يستكمل ، بل ان يوجد اداة جديدة رياضية سماها حساب التدفقات ، وهو اساس الحساب التفاضلي وحساب التكامل[27].

و في سنة 1685 انهى نيوتن كتابه الرئيسي «المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية » . وبذات الوقت اتاحت له اعمال هويجن (حول قياس تسارع الجاذبية الارضية) واعمال بيكار Picard (حول قياس شعاع الارض) اتاحت لنيوتن ان يكمل المقارنة الفعلية لقوى الجاذبية الارضية والجذب الكوني . واخيرا ظهر العمل الذي سجل احدى ذرى تاريخ الفكر البشري ، وذلك سنة 1687 . وقد دلت على اهميته مجوعة اعمال خلفاء نيوتن . في الفلك سوف يكون العمل الكامل تقريبا في القرن الثامن عشر ، متكزا على نتائج قانون الجاذبية الكونية، .

Bernard Cohen : Newtonian Revolution ibid P27 -222

المصادر والمراجع

المراجع بالعربية :

- حمادي جاباالله : العلم الفيزيائي ومولد العصر الحديث - نشر بيت الحكمة - تونس 1986 .

المراجع بالفرنسية :

- Broglie (L. de) : Physique et Microphysique, Paris, Albin Michel, 1947.

- Préface du livre Les principes de la Mécanique générale de louis destouches In (Actualités Scientifiques. Fasc 140 Hermann Paris 1934.

- Savants et découvertes, paris, Albin Michel, 1951.

Bunge (M.) L'épistémologie, Ed Maloine 1978.

Clavelin Maurice.

- La philosofie naturelle de Gallile . Armand Colin, 1968.

Cohen (B), Revolution In Science. The Belknap Press Of Harvard University Press . Cambridge , Massachusetts, and London, England, 1985.

- The Newtonian Révolution . Cambridge University Press, 1983.

Copernic (N) .

- Des Révolutions des orbes célestes, Paris, 1934, Livre 1, 1 à 11. Réed. Paris, 1970. Trade Alexandre Koyré.

Duhem (P).

- La théorie Physique Son Objet Sa Structure, paris Vrin 1981.

- Le système du monde Tome 1, 2.

Dugas (R).

- La mécanique au 17 ème siècle. Neuchatel Suisse 1954.

Galiléo, Galiléi .

- Dialogue sur les deux plus grands systémes du monde, Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles, Traduction Française de Maurice Clavelin, Paris, 1972.

Gant (de . F) .

- Duration Fluxio, Acquatio : Trois Aspects du Temps Newtonien Articles in Archives de philosophie nº 44, 1981.

Heisenberg (W) Physique et philosophie, Albin Michel. Paris 1976.

Koyré Alexandre.

- L'idée de Dieu dans la philosophie de saint Anselme, Paris, Vrin, 1923.

- La philosophie et le problème national en Russie au début du XIXe siècle, Paris, les Annales, 1928.

- La philosophie de jacob boehme, Paris, Vrin, 1929.

- Introduction à la lecture de Planton, suivi d'Entretiens sur Descartes, New York, Brentano's 1944 - 1945.

- Etudes d'histoire de la pensée philosophique, paris, A. Colin, 1961.

- Etudes d'histoire de la pensée scientifique, paris, gallimard, 1973.

- Chute des corps et mouvement de la terre de Képler à Newton, traduit de l'anglais, Paris, Vrin, 1973.

Kuhn T. S. La structure des révolutions scientifiques, Flammarion, 1971.

- La révolution copernicienne, Paris Fayard 1973.

Leblond (J. L. M.) Physique et Mathématique. In Penser Les méthématiques, Paris Seuil, 1982.

Namér (E).

- La pensée de Giordano Bruno, et sa signification dans la vouvelle image du mond, Paris, 1959.

- Giordano Bruno, ou l'univers infini comme

fondement de la philosophie moderne, Paris, 1966.

Newton (I).

- Principes mathématiques de la philosophie naturelle, Traduit par la marquise du Châtelet, Paris, 1756 et 1759 (Réed Fac-similé Blanchard, 1966).

Piaget (J).

- Avec Rolando Garcia Psycho Genese de la connaissance.

- L'épistémologie génétique PUF 1971, tome 1, 2.

- Logique et connaissance scientifique, Paris, 1967.

Prigogine (I) et Stengers (I) La nouvelle Alliance Ed Gallimard 1979.

Rey (A) .

- La théorie physique chez les Physiciens contemporains. Paris Alcan 1923.

Rosen (E) . Three Copernician treatises 3 rd edition New-York, Octagon Books 1971.

Thom (R).

- Paraboles et Catastrophe Paris Flammarion 1978.

Vedrine (H), La conception de la nature chez Giordano Bruno, Paris, 1967.

الفهرس

العنوان	الصفحة

الفهرس

العنوان	الصفحة

نور الدين النيفر

أستاذ مبرّز في الفلسفة
مدير قسم الفلسفة
بجامعة الوسط
بالجمهورية التونسية

صدر أخيرا

عن مؤسسة «أبو وجدان» للطبع والنشر والتوزيع

* وزن الشعر الحرْ في أنشودة المطرْ

لبدر شاكر السياب

تأليف : الصادق شرف

* في إبداع المتنبي

تأليف : محمد الهاشمي الطرابلسي

* الخيال والسخرية والبنية القصصية في رسالة الغفران

تأليف : محمد الهاشمي الطرابلسي

يصدر قريبا

عن مؤسسة «أبو وجدان» للطبع والنشر والتوزيع

* فصول من كتاب الحبّ التونسي
قصائد نثرية لعبد الرحمان مجيد الربيعي

* الهياكل الفنية ومدلولها الإجتماعي
في قصص محمود المسعدي
تأليف : محمد الزبير
إشراف : د. محمود طرشونه

عقلانية علوم الطبيعة



إن العلم برهنة عقلية، تفرض فيها الحقائقُ نفسَها علينا فرضا، وتكون الحقائق هي معيارَ صدقها لأنها تترتب عن اخرى سابقة عليها، وهكذا كما هو الشأن في الرياضيات فان العلمَ يُستنبط ولا يُدرك من الاحساس والحواس بأي وجه، فنموذج عقلانية العلم هو الرياضيات .

هذا الطرح سيوليه أنصار العقلانية المعاصرة قيمة كبرى، اذ سينظرون اليه على أن فيه سبقا فلسفيا لما سيقولون به هم، وانتباها للمشاغل المنهجية التي تشغلهم و«الأصول» الفلسفية لنظرتهم . وبالتحديد ماهية العقلانية التي تهيكلت وتكونت في الثورة العلمية الكوبرنيكية والقاليلية والنيوتنية .

***